Digitized by Google

600044634R

E.10 C. 21

E. BIBL. RADCL.

1982 e. 2/6.

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Vierter Band.

Erste Abtheilung.

F.

Mit Kupfertafeln I bis IX.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1827.

Digitized by Google

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

IV. Band.

Erste Abtheilung.

F.

Digitized by Google

Digitized by Google

F.

Fäulnifs.

Putrefactio; putrefaction; *putrefaction*. Die meisten organischen Verbindungen des Pflanzen- und Thierreichs erleiden bei Gegenwart von Wasser und Luft eine Zersetzung, bei welcher sie, indem der Sauerstoff der Luft, des Wassers und der organischen Verbindung selbst, mit dem Kohlenstoff und zum Theil auch mit dem Wasserstoff und Stickstoff, desgleichen der Wasserstoff der organischen Verbindung mit dem Kohlenstoff und mit dem Stickstoff derselben, sich vereinigt, in unorganische Verbindungen, wie in Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasser, Salpetersäure, Kohlenwasserstoffgas, Ammoniak, desgleichen in einfache Stoffe, wie in Wasserstoffgas und Stickgas zerfallen. Geht eine solche Selbstentmischung organischer Körper rasch, unter Entwicklung übelriechender Dämpfe und Gase, vor sich, so wird sie *Fäulnifs* genannt, *Verwesung* oder *Vermoderung*, wenn sie langsamer erfolgt, *Gährung*, wenn sich zu einer gewissen Zeit nützliche Zwischenproducte, wie Weingeist und Essigsäure, in gröſserer Menge erzeugen.

G.

Fall der Körper.

Descensus s. lapsus corporum gravium; Chûte des corps graves; *Fall of gravitating bodies.*

Da die anziehende Kraft der Erde oder die Kraft der Schwere alle Körper gegen die Erde zu treibt, so üben sie, so lange sie unterstützt werden, einen Druck auf die Unterlage aus, und wenn sie nicht unterstützt werden, bewegen sie sich, jener Einwirkung gemäſs, gegen die Erde, sie *fallen*. Dieses Herabsinken der Körper gegen den Mittelpunct der Erde ist entweder ein *freies Fallen*, wenn der Körper der Einwirkung der Schwere ganz ungehindert folgen kann, oder ein *Fallen*

Digitized by Google

auf vorgeschriebenem Wege, wenn ein fester Widerstand ihn nöthigt, seine Annäherung zur Erde in einer andern, von der Richtung der Schwere abweichenden, Richtung zu vollenden.

Freier Fall der Körper.

(*descensus liber*, la chûte libre.)

1. Schon eine oberflächliche Erfahrung zeigt, daſs die Körper, wenn sie durch den Widerstand der Luft nicht zu sehr aufgehalten werden, mit immer gröſserer Geschwindigkeit fallen, je tiefer sie schon gefallen sind, daſs die Schwere also immer fort beschleunigend auf ihre Bewegung wirkt. Wiefern diese Einwirkung der Schwere auf alle Körper gleich oder verschieden sey, darüber geben die gewöhnlichen Erfahrungen nicht so unmittelbar Aufschluſs, indeſs läſst sich doch durch Schlüsse wohl zu der Ueberzeugung gelangen, daſs die durch die Schwere ertheilte Geschwindigkeit bei ungleichen Massen gleich seyn muſs, wenn die Zeit der Einwirkung gleich ist. Denn wenn gleich die gröſsere Masse einen gröſsern Druck ausübt, und folglich durch die Schwere zum Falle angetrieben eine gröſsere *bewegende* Kraft zeigt, so ist dagegen auch die in Bewegung gesetzte Masse in eben dem Verhältniſs gröſser; oder mit andern Worten, niemand wird zweifeln, daſs zehn einzelne Pfunde gleich schnell fallen, und also auch nicht, daſs sie in eine Masse vereinigt noch eben so schnell fallen werden. Ob die verschiedenartigen Materien von der Erde mit ungleicher Gewalt angetrieben werden, sich herab zu bewegen, bliebe dabei freilich unentschieden; aber die Erfahrung spricht auch dagegen, indem theils der Versuch im luftleeren Raume ein gleiches Fallen der Feder und der Bleikugel zeigt, theils die Berechnung des Widerstandes der Luft über den langsamen Fall specifisch leichter Körper in der Luft vollkommen hinreichenden Aufschluſs giebt.

2. Ob die Schwere eine vollkommen *gleichförmig* beschleunigende Kraft ist, das heiſst, ob sie dem Körper, er mag schon eine groſse Geschwindigkeit erlangt haben oder nicht, immer noch gleiche Vergröſserung der Geschwindigkeit ertheilt, läſst sich zwar aus theoretischen Gründen nicht voraussehen; aber da diese Hypothese die einfachste ist, und sich leicht übersehen läſst, daſs sie zu Gesetzen des Falles, die sich durch Erfahrung

Digitized by Google

prüfen lassen, hinführen wird, so ist es am natürlichsten, sie zum Grunde der Rechnung zu legen. Dieser Hypothese gemäſs nimmt die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel zu, und ist also, wenn im Anfange die Geschwindigkeit $= 0$ war, der Zeit $= t$ proportional, also $= kt$, wo k offenbar die Geschwindigkeit bedeutet, welche der Körper am Ende des ersten, als Einheit angenommenen Zeittheils z. B. der Secunde erlangt. Aus diesem Gesetze, daſs die Geschwindigkeit am Ende der zweiten Secunde doppelt so groſs, am Ende der dritten Secunde dreimal so groſs, als am Ende der ersten Secunde ist, läſst sich leicht der in irgend einer Zeit durchgelaufene Raum bestimmen. Denn gesetzt, die Geschwindigkeit, die am Anfang der ersten Secunde $= 0$ war, sey am Ende der ersten Secunde $= 30$ Fuſs, so ist es so gut, als ob der Körper sich die ganze Secunde durch mit der mittlern Geschwindigkeit $= 15$ fortbewegt hätte. Ist die Geschwindigkeit am Anfange der zweiten Secunde $= 30$ Fuſs, am Ende derselben $= 60$ Fuſs, so ist 45 der Raum, durch welchen der Körper wirklich in dieser Secunde fällt. Eben so sind 60 und 90 die Geschwindigkeiten am Anfange und am Ende der dritten Secunde, und 75 Fuſs der Fallraum in dieser Secunde. Diese Voraussetzung, daſs der gleichförmig beschleunigte Körper genau so weit fortgehe, als es dem arithmetischen Mittel zwischen der Anfangs- und Endgeschwindigkeit gemäſs ist, läſst sich leicht als strenge richtig nachweisen. Denn da, wenn man die Secunde in hundert Theile theilt, am Ende des funfzigsten Hunderttels die Geschwindigkeit $= \frac{1}{2}k$ ist, wenn sie am Ende der ganzen Secunde $= k$ wird, da sie am Ende des 49sten Hunderttels $= \frac{1}{2}k - \frac{1}{100}k$ und am Ende des 51sten Hnnderttels $= \frac{1}{2}k + \frac{1}{100}k$ ist, so erhellet leicht, daſs $\frac{1}{2}k$ die richtige Geschwindigkeit für das 50ste und 51ste Hunderttel, aber eben so gut auch für das 49ste, 50ste, 51ste und 52ste Hunderttel ist, und so für die ganze Secunde als richtig nachgewiesen werden kann.

3. Diese einem jeden verständliche Erörterung läſst sich rechnend weit kürzer fassen. Ist die Zunahme der Geschwindigkeit $= dv$ während der Zeit $= dt$ dieser Zeit proportional, also $dv = k\,dt$, wo k einen beständigen Factor bedeutet, so ist $v = kt + c$, die am Ende der Zeit $= t$ erlangte Geschwindigkeit, und diese Gleichung ist nun auf alle Umstände passend, weil bei der Integration die unbestimmte beständige Gröſse c bei-

gefügt ist. Diese ist $=0$, wenn der Körper ohne alle anfängliche Bewegung zu fallen anfing; sie ist positiv, wenn dem Körper schon im ersten Augenblicke eine Geschwindigkeit nach der Richtung, nach welcher die Schwere wirkt, ertheilt wurde; sie ist negativ, wenn im Anfange der Zeit t der Körper eine Geschwindigkeit, der Richtung der Schwere entgegengesetzt, hatte. Da nun die Zunahme $= ds$ des durchlaufenen Weges $= s$ der Geschwindigkeit v und den Zeittheilchen $= dt$, in welchen ds durchlaufen wird, proportional, d. h. $ds = v\,dt = kt\,dt + c\,dt$ ist, so wird $s = \frac{1}{2}kt^2 + ct +$ Const., wo aber die neue hinzukommende Constante $= 0$ gesetzt wird, wenn man den Weg des Körpers von da an rechnet, wo dieser sich befand, als $t=0$ war.

4. Betrachten wir hier zuerst den Fall, da die anfängliche Geschwindigkeit $c=0$ war, so ist $s=\frac{1}{2}kt^2$, oder wenn $\frac{1}{2}k=g$, $s=gt^2$ und g bedeutet den durchlaufenen Fallraum in der ersten Zeiteinheit, weil für $t=1$, $s=g$ aus der Formel folgt. *Der Fallraum ist also dem Quadrate der Zeit proportional.* Eine Folgerung, die sich schon aus der einfachen Betrachtung in No. 2 ergiebt; denn da dort der Fallraum in der ersten Secunde oder im Allgemeinen in der ersten Zeiteinheit $= \frac{1}{2}k$; in der zweiten $= \frac{3}{2}k$, in der dritten $= \frac{5}{2}k$, in der vierten $= \frac{7}{2}k$, u. s. w. ist, so ist der Weg in 1 Secunde, die wir als Zeiteinheit beibehalten wollen, $= \frac{1}{2}k$; in den 2 ersten Secunden $= \frac{4}{2}k$; in den 3 ersten Secunden $= \frac{9}{2}k$; in den 4 ersten Secunden $= \frac{16}{2}k$; u. s. w. welches offenbar Räume, den Quadraten der Zeiten proportional, sind, die nach eben dem Gesetze auch ferner fortschreitend gefunden werden könnten. Die beiden Formeln $s=gt^2$, $v=kt=2gt$ enthalten die ganze Theorie der ohne Anfangsgeschwindigkeit gleichförmig beschleunigten Bewegung. Aus ihnen folgt, weil $t=\sqrt{\frac{s}{g}}$ ist, $v^2=4gs$ oder $s=\frac{v^2}{4g}$. Die erlangte Geschwindigkeit ist also der Quadratwurzel aus dem durchlaufenen Wege proportional, so dafs sie, wenn der Körper im Falle die vierfache Tiefe erreicht hat, doppelt so grofs ist, als sie war, indem er die einfache Tiefe erreichte. Da die erlangte Geschwindigkeit $= v=2\sqrt{gs}$ durch den Fallraum vollkommen bestimmt ist, so nennt man diesen Fallraum auch: *die der Geschwindigkeit* v

zugehörige Höhe. Tafeln dafür finden sich den meisten Logarithmentafeln beigefügt.

5. Die Gröſse g muſs durch Erfahrung bestimmt werden, und dazu könnten Versuche über den Fall bleierner Kugeln allenfalls dienen, indem ein genau abgemessener Fallraum und die mit Hülfe einer Tertienuhr bestimmte Fallzeit zusammengehörige Werthe von s und t angäben, mit deren Hülfe g bestimmt würde; Versuche über den Fall aus *ungleichen* Höhen würden zugleich entscheiden, ob das hypothetisch der Rechnung zum Grunde gelegte Gesetz das richtige sey[1]. Indeſs bedürfen wir dieser Bestimmung für den Werth von g nicht, da Pendelversuche ihn viel genauer geben.

6. Wenn der vertical herabwärts bewegte Körper schon eine anfängliche Geschwindigkeit = c hatte, so ist nach Verlauf der Zeit = t die Geschwindigkeit um eben so viel gröſser geworden, als bei einem ohne Anfangsgeschwindigkeit begonnenen Falle, und der Fallraum ist so groſs, wie er seyn würde, wenn die beiden Wege, die der Anfangsgeschwindigkeit allein, und dem freien der Schwere gemäſsen Falle allein entsprächen, zusammen genommen würden. Jener ist $= ct$, dieser $= gt^2$.

Man könnte auch hier auf ganz populäre Weise die erlangte Geschwindigkeit und den durchlaufenen Raum bestimmen. Es sey z. B. die Anfangsgeschwindigkeit so groſs, daſs sie allein den Körper durch 100 Fuſs in der Secunde treiben würde, und sie nehme, vermöge der Einwirkung der Schwere um 30 Fuſs in der ersten Secunde zu, so ist

Anfangsgeschwindigkeit in dieser Secunde	= 100 Fuſs,
Endgeschwindigkeit	= 130 —
mittlere Geschwindigkeit	= 115 —

und dieses ist zugleich der in der ersten Secunde durchlaufene Weg. Ferner in der zweiten Secunde nimmt abermals die Geschwindigkeit um 30 Fuſs zu, also

Anfangsgeschwindigkeit in der 2ten Secunde	= 130 Fuſs,
Endgeschwindigkeit	= 160 —
mittlere Geschwindigkeit	= 145 —

---

1. Benzenberg's Versuche (Versuche über das Gesetz des Falles, die Umdrehung der Erde u. s. w. S. 196.) könnten, selbst wenn man den Widerstand der Luft nicht beachtete, beides ziemlich nahe bestimmen.

Digitized by Google

und dieses ist der Weg in der zweiten Secunde, also in den 2 ersten Secunden zusammen $= 115 + 145 = 260$ Fuſs, welches die 200 Fuſs wegen der Anfangsgeschwindigkeit in 2 Secunden, und die 60 Fuſs wegen der Falltiefe in 2 Secunden sind, und so für jede folgende Secunde.

7. Wurde der Körper vertical aufwärts geworfen, so ist c negativ und sein herabwärts durchlaufener Weg vom Anfange der Zeit $= t$ an, ist

$$s = gt^2 - ct; \text{ seine Geschwindigkeit } v = 2gt - c.$$

So lange hier t einen geringen Werth hat, ist der durchlaufene Weg negativ, also ein aufwärts durchlaufener, und auch die Geschwindigkeit negativ oder eine aufwärts gerichtete. Sobald die Zeit so groſs geworden ist, daſs $2gt = c$, oder $t = \frac{c}{2g}$, ist die Geschwindigkeit $= 0$, der Körper hört auf zu steigen, und hat dann den Weg $= g. \frac{c^2}{4g^2} - \frac{c^2}{2g} = - \frac{c^2}{4g}$, zurückgelegt. Er bedarf nun einer eben so langen Zeit, um herabzufallen, denn nach der doppelten Zeit ist sein durchlaufener Weg $= 0$, oder er ist zu dem Puncte, von dem er ausging, zurückgekehrt, nämlich wenn $t = \frac{c}{g}$ ist. Alsdann hat er die Geschwindigkeit $= 2g. \frac{c}{g} - c = + c$ erlangt, und erreicht also den Punct mit eben der herabwärts gehenden Geschwindigkeit, mit welcher er hinaufwärts geworfen worden war.

In jeden Punct seines Weges gelangt er auf gleiche Weise beim Herabfallen mit eben der Geschwindigkeit, die er im Aufsteigen eben dort hatte. Denn damit s einen bestimmten Werth hinaufwärts $= - s'$ erreiche, muſs $- s' = gt^2 - ct$, also

$$t = \frac{c}{2g} \pm \frac{\sqrt{(c^2 - 4gs')}}{2g}$$

seyn, und nach Verlauf dieser Zeit ist die Geschwindigkeit

$$v = 2gt - c = \pm \sqrt{(c^2 - 4gs')},$$

im Steigen eine eben so groſse negative, als sie im Fallen positiv ist.

Die Differentialgleichung ergiebt den gröſsten Werth, welchen s erlangen kann, indem man aus $s = gt^2 - ct$ erhält

Digitized by Google

$ds = (2gt - c)\,dt$, welches für $t = \frac{c}{2g}$ verschwindet, und dann $s = \frac{c^2}{4g} - \frac{c^2}{2g} = - \frac{c^2}{4g}$ giebt.

8. Die Erfahrung hat gezeigt, daſs die Körper nicht an allen Orten der Erde gleich schnell herabfallen, und die Theorie giebt den Grund an, warum die Rotation der Erde die Schwerkraft unter dem Aequator mehr, als in andern Puncten der Erdoberfläche schwächt; g hat also selbst nahe an der Oberfläche der Erde nicht einen völlig constanten Werth, sondern hängt von der geographischen Breite ab. Die genauere Untersuchung über die strenge Bestimmung dieses Werthes gehört in den Art. *Pendellänge;* ich bemerke daher nur, daſs nach einer sehr sorgfältigen Reihe von Beobachtungen von Biot, Kater, Hall und Sabine folgendes hervorgeht[1].

Die Länge des Secundenpendels ist unter dem Aequator an der Oberfläche des Meeres

= 39,01520 engl. Zolle[2]
= 0,990864 Meter
= 36,60385 Paris. Zolle.

In andern Breiten nimmt die Pendellänge so zu, daſs man, wenn jene Länge = l heiſst, an jedem Orte an der Meeresfläche die Pendellänge $= l.\,[1 + 0{,}00519.\ \mathrm{Sin.}^2\varphi]$ findet, wenn φ die geographische Breite ist.

Aus der Theorie des Pendels läſst sich beweisen[3], daſs die Fallhöhe = g, in der ersten Secunde $= \frac{1}{2} l.\ \pi^2 = \frac{1}{2} l.\ 9{,}869605$ also am Aequator = 16,0443 engl. Fuſs,
= 15,0527 Par. —

in 45 Grad Breite
= 16,08596 engl. Fuſs
= 15,09176 Paris. — ist.

9. Die bisherigen Betrachtungen setzten voraus, daſs die Schwerkraft oder die Attraction der Erde unveränderlich sey,

---

1 Philos. Transact. for 1823. p. 211. 308. 1818. p. 33. 103. 1821. 163. Journal de Physique, 1820. Janvier. Vorzüglich aber An Account of Experim. to determine the figure of the Earth by means of the pendulum etc. by Sabine. London 1825.

2 Galbraith will dafür lieber 39,0126 setzen. Philos. Magazin. 67. p. 161.

3 Vergl. unten No. 13.

Digitized by Google

während der Körper sich der Erde nähert, und diese Voraussetzung ist ohne merkliche Fehler richtig, wenn der fallende Körper nur so groſse Räume durchläuft, wie es bei unsern Beobachtungen auf der Erde vorkommt. Wenn dagegen der Körper sich von sehr groſsen Höhen herab zur Erde bewegte, so müſste man Rücksicht darauf nehmen, daſs die Bewegung des Körpers, indem er dem anziehenden Körper näher kommt, stärker beschleunigt wird. Ich sehe hier die Erde als eine Kugel vom Halbmesser $= r$ an, und nehmen an, der Körper befinde sich in der Entfernung $= x$ vom Mittelpuncte der Erde; dann ist, nach den Gesetzen der anziehenden Kräfte, in dieser Entfernung die auf ihn wirkende beschleunigende Kraft $= \frac{r^2}{x^2}$, wenn sie $= 1$ ist an der Oberfläche der Erde; und wenn g der in einer Secunde an der Oberfläche der Erde durchlaufene Weg frei fallender Körper ist, so hat man

$$dv = + 2g. \frac{r^2}{x^2} dt$$

und $v dv = - 2g \frac{r^2 dx}{x^2}$, weil hier $v = - \frac{dx}{dt}$ positiv für abnehmende x ist.

Die Integration giebt

$$v^2 - c^2 = 4gr^2 \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{a}\right),$$

wenn die Bewegung in der Entfernung $x = a$ vom Mittelpuncte der Erde mit der Geschwindigkeit $= c$ anfing. Der Körper erreicht also die Oberfläche der Erde mit der Geschwindigkeit

$$v' - = \sqrt{\left\{c^2 + 4gr^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a}\right)\right\}}.$$

Da $v = \pm \sqrt{\left\{c^2 + \frac{4gr^2(a-x)}{ax}\right\}}$, so erhellet, daſs in der Entfernung $= x$ die Geschwindigkeit einen eben so groſsen positiven Werth erhält, wenn der aufwärts steigende Körper in der Entfernung $= a$ die Geschwindigkeit $= c$ erlangen soll, als der negative Werth ist, wenn er in eben der Entfernung die Geschwindigkeit $= c$ hatte und von da seine Bewegung anfing. Wenn der Körper keine anfängliche Geschwindigkeit hatte, oder $c = 0$ war, ist allgemein

$$v = \pm \sqrt{\left\{4gr^2 \left(\frac{a-x}{ax}\right)\right\}}.$$

Digitized by Google

Um die Zeit des Falles zu bestimmen, muſs man die Gleichung

$$dt = \frac{-dx}{v} = \frac{-dx}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}.\sqrt{\frac{x}{a-x}}$$

integriren. Man gelangt dazu am kürzesten, wenn man

$$\frac{-xdx}{\sqrt{(ax-x^2)}} = d.\sqrt{(ax-x^2)} - \frac{\frac{1}{2}adx}{\sqrt{(ax-x^2)}}$$

setzt, wo dann

$$t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}\left\{\sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a\int\frac{dx}{\sqrt{(ax-x^2)}}\right\}$$

oder $t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}\left\{\sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a\int\frac{dx}{\sqrt{(\frac{1}{4}a^2-(\frac{1}{2}a-x)^2)}}\right\}$

$$t = C + \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}.\left\{\sqrt{(ax-x^2)} - \tfrac{1}{2}a\,\text{Arc. Cos.}\frac{a-2x}{a}\right\},$$

welches, wenn $t = 0$ für $x = a$, war in

$$t = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}\left\{\sqrt{(ax-x^2)} + \tfrac{1}{2}a\ \text{Arc. Cos.}\ \frac{2x-a}{a}\right\}$$

übergeht, weil $C = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}.\ \frac{1}{2}a\pi$,

aber $\pi - \text{Arc. Cos.}\ \frac{a-2x}{a} = +\ \text{Arc. Cos.}\frac{2x-a}{a}$, ist.

Wenn der Körper auf der Oberfläche der Erde ankommt, ist

$$t = \frac{1}{2r}\sqrt{\frac{a}{g}}\left\{\sqrt{(ar-r^2)} + \tfrac{1}{2}a\ \text{Arc. Cos.}\ \frac{2r-a}{a}\right\}.$$

Man hat gefragt, wann und mit welcher Geschwindigkeit der Körper im Mittelpuncte der anziehenden Kraft ankomme. In physikalischer Beziehung ist diese Frage eine ganz unnütze, da es keine Puncte sind; die eine endliche anziehende Kraft ausüben, und bei Körpern das Gesetz der Attraction im Innern des Körpers ein andres wird. Will man bloſs zur Uebung in der Analysis die Frage beantworten, so wird erstlich für $x = 0$

$$t = \frac{a}{4r}\sqrt{\frac{a}{g}}\ .\ \text{Arc. Cos.} - 1 = \frac{\pi a\sqrt{a}}{4r\sqrt{g}};$$

v aber wird

$$= 2r\sqrt{\frac{g}{a}}\ .\ \sqrt{\frac{a}{x}},\ \text{also unendlich, weil } x = 0 \text{ ist.}$$

Die Frage, wie der Körper seine Bewegung über den Mittelpunct hinaus fortsetze, läſst sich aus der Formel nicht beantworten, aber eine leichte Ueberlegung über die Natur der Sache beantwortet sie. Da nämlich, wie oben erwähnt ist, der

Digitized by Google

sich vom Mittelpuncte entfernende Körper genau eben so seine Geschwindigkeit verliert, wie der sich nähernde Körper an Geschwindigkeit gewinnt, so muſs auch der durch den Mittelpunct hindurch gehende Körper in irgend einer Entfernung $= x$ wieder eben die Geschwindigkeit haben, die er vorher in der Entfernung $= x$ hatte, die unendliche Kraft gab ihm die unendliche Geschwindigkeit und zerstört sie auch wieder. Die Frage, wie er seine Bewegung fortsetze, ist damit völlig beantwortet. Die Formel kann sie darum nicht auflösen, weil $\frac{r^2}{x^2}$ als eine beschleunigende Kraft erscheint sowohl für positive, als für negative x, und daher die Formel nicht mehr anwendbar bleibt über den anziehenden Punct hinaus. Wenn die beschleunigende Kraft auch jenseits des Mittelpunctes noch beschleunigend bliebe, nicht verzögernd würde, so müſste der schon im Mittelpuncte erlangte unendlichen Geschwindigkeit noch etwas hinzugefügt werden, und da so etwas durch keine Formel ausgedrückt werden kann, so weiset die Formel durch ihr Unmöglichwerden die weitere Betrachtung der Bewegung zurück. Busse's Bemühung, die Analysis hier so zu behandeln, daſs sie ihre Anwendbarkeit auch jenseits des Mittelpuncts zeige, verdient zwar recht viel Lob als achtungswerthe *Bemühung;* aber der Zweck scheint damit doch nicht erreicht zu seyn. Denn wenn man sogleich mit der Formel

$$\frac{dv}{2g\,dt} = \mp \left(\frac{r}{x}\right)^2 \begin{matrix}\text{diesseits}\\ \text{jenseits}\end{matrix}$$

anfängt, so thut man doch in der That nichts anders, als daſs man die Betrachtung sogleich mit derjenigen Rücksicht doppelt führt, die Busse als eine petitio principii[1] den übrigen Mathematikern vorwirft. Mir scheint das, was Mollweide hierüber sagt[2], ganz richtig.

10. Die Frage kommt in der Wirklichkeit gar nicht vor, sondern sobald der fallende Körper in das Innere des anziehenden Körpers (auch ohne Widerstand) eindringt, ist die anziehende Kraft vermindert und bei Kugeln dem Abstande vom Mittelpuncte direct proportional, also im Mittelpuncte selbst $= 0$.

Es sey die beschleunigende Kraft an der Oberfläche der

---

1 Gilb. Ann. LXX, 413.

2 Gilb. Ann. LXX, 425.

Digitized by Google

Erde $= 1$, der Fallraum in der ersten Secunde $= g$, der Halbmesser der Erde $= r$, der veränderliche Abstand des fallenden Körpers vom Mittelpuncte $= x$, so ist im Innern der Erde

$$dv = 2g\,dt.\,\frac{x}{r},$$

$$v\,dv = -\frac{2g\,x\,dx}{r},$$

$$v^2 = c^2 - \frac{2gx^2}{r} + 2gr,$$

wenn die Geschwindigkeit $= c$ war für $x = r$, und dem gemäſs die Constante bei der Integration schon bestimmt ist. Ich will $c = 0$ setzen und also

$$v = \sqrt{\frac{2g}{r}}.\sqrt{(r^2 - x^2)},$$

$$dt = \frac{-dx}{\sqrt{(r^2 - x^2)}}\sqrt{\frac{r}{2g}}.$$

$$t = \sqrt{\frac{r}{2g}}\left\{C + \text{Arc. Cos.}\,\frac{x}{r}\right\}$$

wo die Const. $= 0$ ist, wenn im Anfange der Zeit t, der Werth von $x = r$ war.

Die Geschwindigkeit im Centro der Erde ist also $= \sqrt{2gr}$, und die Zeit des Falles von der Oberfläche bis zum Mittelpuncte $= \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{r}{2g}}$. Hier ist also alles leicht verständlich und der Natur der Sache gemäſs.

11. Ich habe bisher immer die Richtung des Falles als gegen den Mittelpunct der Erde gerichtet angesehen; aber dieses ist sie jedoch nur auf der Kugel, nicht auf der sphäroidischen Erde. Es sey der Halbmesser des Aequators $= a$, die halbe Erdaxe $= b$, die geographische Breite des Ortes $= \varphi$, der Halbmesser der Erde an dieser Stelle $= r$, so trifft die Richtungslinie des freien Falles, (welche nämlich mit der Normallinie des Sphäroids zusammenfällt,) die Ebene des Aequators in einer Entfernung $= r\,\text{Cos.}\,\varphi. - \frac{b^2 r\,\text{Cos.}\,\varphi}{a^2}$, vom Centro der Erde. Der Winkel $= \omega$, den die Normallinie mit dem Radius einschlieſst, ist durch $\text{Sin.}\,\omega = \frac{r.\,\text{Cos.}\,\varphi.\,(a^2 - b^2)}{a^2.\,r}\,\text{Sin.}\,(\varphi + \omega)$

Digitized by Google

gegeben, also hier, wo höhere Potenzen von Sin. ω ganz unbedeutend sind,

$$\text{Sin. } \omega = \frac{(a^2 - b^2)}{a^2} (\text{Sin. } \varphi. \text{ Cos. } \varphi + \text{Cos. }^2 \varphi. \text{ Sin. } \omega)$$

$$\text{Sin. } \omega = \frac{(a^2 - b^2) \text{ Sin. } \varphi. \text{ Cos. } \varphi}{a^2 \text{ Sin. }^2 \varphi + b^2 \text{ Cos. }^2 \varphi},$$

ein Ausdruck, der unter 45 Gr. Breite Sin. $\omega = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$, also für $b = \frac{288}{289}$, Sin. $\omega = 0{,}00347 = 0^\circ.\ 12'$. giebt. Am Pole und auf dem Aequator fällt die Normallinie mit der nach dem Mittelpuncte gehenden genau zusammen. Wollte man im Innern der Erde der Richtung der Schwere immer folgen, so müſste man eine krumme Linie, nämlich die rechtwinkliche Trajectorie der elliptischen Gleichgewichtsschichten, verfolgen[1].

Geschichte der Bestimmung dieser Gesetze.

12. Aristoteles und seine Nachfolger glaubten, die schweren Körper fielen im Verhältniſs ihres Gewichtes schneller, also ein Körper von 10 ℔ zehnmal so schnell als ein Körper von 1 ℔ Gewicht. Dieser leicht zu widerlegende Irrthum erhielt sich dennoch, weil man keine Versuche anstellte, im Ansehen, bis Galilei theils durch eigene Versuche, theils durch Schlüsse, die Unrichtigkeit jener Behauptung zeigte. Er lieſs nämlich Körper von ungleichen Gewichten aus sehr beträchtlicher Höhe herabfallen, und fand, daſs sie fast gleichzeitig den Boden erreichten.

Ueber das Gesetz der Beschleunigung war man vor Galilei eben so wenig unterrichtet. Die Meinung, daſs die Geschwindigkeit dem schon durchlaufenen Wege proportional sey, hatte selbst Galilei lange Zeit als wahrscheinlich angesehen, obgleich eine gar nicht schwierige Ueberlegung zeigt, daſs dieses Gesetz eine Unmöglichkeit in sich schlieſst, indem danach der Körper, wenn er noch gar keinen Raum durchlaufen hat, weder Geschwindigkeit haben, noch Geschwindigkeit erlangen kann, und folglich unverrückt an demselben Orte bliebe. Galilei

1 Eulers Gesetze des Gleichgew. flüss. Körper, übersetzt von Brandes. S. 111.

Digitized by Google

kam zuerst auf den Gedanken, daſs die Geschwindigkeit vielleicht der Zeit des Falles proportional seyn könne; aus diesem Hauptgesetze bestimmte er die übrigen Gesetze des Falles, die er dann mit der Erfahrung verglich und dieser entsprechend fand. Er trug diese schon im J. 1602 entdeckten Gesetze in seinen Gesprächen über die Bewegung[1] vor und legte so den Grund zu unserer ganzen neueren Mechanik. Seine Theorie fand viele Gegner, obgleich auch Torricelli sie mit vorzüglicher Eleganz entwickelte[2], und selbst Baliani, obgleich er des Galilei Theorie als die richtige vorträgt, äuſserte dennoch, es sey doch auch möglich, daſs sich die Geschwindigkeiten, wie die durchlaufenen Räume verhielten[3]. Diese Aeuſseruug faſsten die Gegner auf und gaben dem eben angeführten Satze den Namen der *Hypothese* des Baliani. Der Streit über diese Hypothese und ihre Widerlegung durch Gassendi und Fermat hat für unsere Zeiten keine Wichtigkeit mehr, da die Richtigkeit der Theorie längst anerkannt ist.

Galilei selbst stellte Versuche an, um die Richtigkeit der gefundenen Gesetze des Falles zu beweisen. Er lieſs in einem 12 Ellen langen, ½ Elle hohen, 3 Zoll breiten Balken einen Canal aushöhlen, den er mit Pergament belegte, um ihn desto glatter zu machen. Diesen Balken konnte er am einen Ende mehr oder minder heben und indem er nun die Zeit beobachtete, welche eine glatte messingene Kugel gebrauchte, um gewisse Räume zu durchlaufen, fand er, daſs diese Räume den Quadraten der Zeiten proportional waren. Riccioli und Grimaldi suchten ebenfalls die Theorie durch Versuche zu bestätigen. Ihre wichtigsten Versuche stellten sie auf dem Thurme degli Asinelli in Bologna an[4], wo sie eine Fallhöhe von 280 Fuſs hatten; aber auch von andern Thürmen lieſsen sie Kugeln fallen, und beobachteten die Zeit mit einem Pendel, welches Sechstel-Secunden schlug. Die beobachteten Zeiten stimmten völlig mit

---

1 Discorsi e dimostraz. matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica ed i movimenti locali. Leid. 1638. und in den Opere di Galileo Galilei, Firenze. 1718. Tomo 2. p. 479. 585.

2 De motu gravium naturaliter descendentium et projectorum. Flor. 1641.

3 De motu gravium solidorum et fluidorum. Genuae. 1646.

4 Vergl. Benzenberg. S. 82. Riccioli Almag. Nov. Lib. II., Cap. 21.

Digitized by Google

dem *Galilei'schen Gesetze* überein, und sie sahen dieses dadurch als völlig bestätigt an, obgleich allerdings ihre Versuche nicht so genau angestellt wurden, dafs kleine Unterschiede ihnen merklich werden konnten.

Aehnliche Versuche stellte Dechales an[1], theils indem er die Fallzeit für Steine, die er in einen Brunnen fallen liefs, beobachtete, theils indem er den genauen Fallraum der Körper während eines halben Pendelschlages verschiedener Pendel beobachtete. Er machte z. B. die Einrichtung, dafs ein Pendel von 3 Fufs Länge in seinem tiefsten Puncte an ein aufrecht stehendes Brett traf, und liefs nun in demselben Augenblick eine Kugel frei fallen, da er das Pendel losliefs; er fand, dafs die Kugel 4¼ Fufs tief fallen mufste, um mit dem Anschlagen des Pendels gleichzeitig den Boden zu erreichen. Die in unsern Zeiten von Benzenberg angestellten Versuche hatten zwar nicht mehr den Zweck, das Gesetz des Falles zu bestimmen oder die Gröfse des Fallraums in der ersten Secunde zu entdecken; aber sie verdienen wegen ihrer Genauigkeit und der grofsen Sorgfalt, mit welcher alle Umstände berücksichtigt sind, hier erwähnt zu werden. Sie sind die vollkommensten, die man je über diesen Gegenstand angestellt hat.

Uebrigens hat man schon seit langer Zeit andere Mittel kennen gelernt, um sich von der Richtigkeit der Theorie zu überzeugen. Es wird nachher gezeigt werden, dafs die Zeit der Pendelschwingungen bei gegebener Länge des Pendels ein Mittel abgiebt, um den Werth der Gröfse g, oder um den Fallraum in der ersten Secunde zu bestimmen, und dafs das Verhältnifs der Zeiten für Schwingungen ungleich langer Pendel, welches in der Erfahrung so gefunden wird, wie es die Theorie fordert, eine vollkommene Bestätigung der Hauptgesetze der Bewegung fallender Körper darbietet. Will man sich durch unmittelbare Versuche von der Richtigkeit der Gesetze des Falles überzeugen, so kann man sich der Versuche auf der schiefen Ebene (No. 14) oder der Versuche mit der Fallmaschine bedienen[2].

Eine sinnreiche Art, das Gesetz, dafs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind, zu beweisen, hat Se-

1 Cursus mathematicus. Tom. II. Stat. Lib. II. propos. I. II.

2 S. diesen Artikel.

Digitized by Google

BASTIEN schon 1699 angegeben[1]. Auf der Fläche des parabolischen Konoids ABD, welches durch die Umdrehung der Parabel ADC um die Axe AC entstanden ist, werde ein schraubenartig fortlaufender Gang AEFGHI ausgehöhlt, der in jedem Puncte unter gleichem Winkel gegen den Horizont geneigt ist: so läſst sich aus der Theorie erweisen (vergl. No. 13), daſs der in diesem Gange hinablaufende Körper immer die Geschwindigkeit hat, die seinem freien Falle bei gleicher verticaler Tiefe angemessen wäre, daraus aber folgt, wie ich sogleich zeigen will, daſs jeder Umlauf um das Paraboloid in gleicher Zeit durchlaufen wird, und die Erfahrung ergiebt, daſs dies auch wirklich so erfolgt. Wenn man nämlich, indem eine vom Puncte A ausgehende Kugel in G ankömmt, eine zweite Kugel bei E fortrollen läſst, und wenn diese G erreicht, eine dritte in E nachsendet, so bleiben diese Kugeln immer gerade über einander. Daſs es so seyn muſs, läſst sich so beweisen. Es sey der Punct A, wo die Bewegung anfängt, im Scheitel selbst, eines andern unbestimmten Punctes X Abscisse $= x$: so ist da, wo der letztere liegt, des Paraboloides Halbmesser $y = \sqrt{px}$, wenn p den Parameter bedeutet. Der ausgehöhlte Gang sey unter dem Winkel $= \alpha$ gegen den Horizont geneigt, so ist ein mit dem horizontalen Winkel $= d\varphi$ zusammen gehöriges Stück dieses Ganges $= ds = \frac{y \cdot d\varphi}{\text{Cos.}\,\alpha}$, wenn der Halbmesser des durch X gezogenen Kreises $= y$ ist, oder $ds = \frac{d\varphi}{\text{Cos.}\,\alpha}\sqrt{px}$. Nun aber wird nachher gezeigt, daſs die Geschwindigkeit eben diejenige ist, die ein von der Höhe $= x$, (dem verticalen Höhenunterschiede der Puncte A und X) frei herabfallender Körper erreichen würde, also $v = \sqrt{4gx}$, und folglich wird der Weg ds in der Zeit $dt = \frac{ds}{v} = \frac{ds}{\sqrt{4gx}} = \frac{d\varphi \cdot \sqrt{px}}{\text{Cos.}\,\alpha \cdot \sqrt{4gx}}$, $dt = \frac{d\varphi}{\text{Cos.}\,\alpha}\sqrt{\frac{p}{4g}}$ durchlaufen, und die Zeit t ist also $= \frac{\varphi}{\text{Cos.}\,\alpha}\sqrt{\frac{p}{4g}}$ dem horizontalen Winkel φ proportional so

Fig. 1.

1 Mém. de l'acad. des sciences pour 1699.

dafs die ganzen Umläufe, ihr Halbmesser sey grofs oder klein, in gleichen Zeiten vollendet werden.

Fall der Körper auf vorgeschriebenen Wegen.

Fig. 2. 13. Wenn der der Wirkung der Schwere ausgesetzte Körper A sich auf einer gegen den Horizont geneigten Unterlage befindet, so wirkt nicht die volle Kraft der Schwere auf seine Fortbewegung und er fällt daher, selbst wenn alle andere Widerstände unbeachtet bleiben, minder schnell, als im ganz freien Falle. Es sey DE, die Tangente der krummen Linie, auf welcher A sich fortbewegen soll, an dem Puncte B, wo er sich gerade befindet, unter dem Winkel φ gegen den Horizont geneigt, so mufs man die Schwerkraft, die durch BF dargestellt werde, in zwei Seitenkräfte BG, BH zerlegen, von denen nur die erste $=$ BF. Sin. φ die Bewegung des Körpers A beschleuniget, die zweite BH aber durch den unüberwindlichen Widerstand der Curve verschwindet. Da nun die Schwere den Körper in der ersten Secunde durch den Raum $=$ g treibt, wenn der Körper ihr frei folgen kann, und die nach BG wirkende Kraft sich zur frei wirkenden Schwere verhält, wie Sin. $\varphi : 1$, so wird die nach BG wirkende Kraft ihn nur durch den Raum $=$ g. Sin. φ in der ersten Secunde treiben, oder die Hauptgleichungen für die Bewegung werden hier

$$dv = 2g\,dt.\,\mathrm{Sin.}\,\varphi;\;\; ds = v\,dt$$

seyn, wie sich aus No. 3 leicht übersehen läfst, wenn dv die Zunahme der Geschwindigkeit in der Zeit $=$ dt, und ds den in der Zeit $=$ dt durchlaufenen Raum bezeichnet. Nennt man x die verticale Tiefe des Punctes B unter demjenigen Anfangspuncte, von welchem an die Bogen s gerechnet werden, so ist

$\mathrm{Sin.}\,\varphi = \frac{dx}{ds}$, und folglich, da $dt = \frac{ds}{v}$ ist,

$$dv = 2g.\frac{ds}{v}\,.\,\frac{dx}{ds},$$

$$v\,dv = 2g\,dx,$$

und durch Integration $v^2 = 4gx$. Es ergiebt sich also der wichtige Satz: *dafs die Geschwindigkeit beim Falle auf irgend einem vorgeschriebenen Wege in* jedem Puncte eben so grofs ist,

Digitized by Google

als sie seyn würde, wenn der Körper im freien Falle von dem Puncte, wo seine Bewegung mit der Geschwindigkeit $= 0$ anfing, eben so tief herab gefallen wäre; oder, wenn der Körper A in K ohne Anfangsgeschwindigkeit zu fallen anfing, so ist in B seine Geschwindigkeit gleich der der verticalen Tiefe des Punctes B unter K entsprechenden Geschwindigkeit.

Die Formel $v\,dv = 2g\,dx$ ist noch allgemeiner, da sie $v^2 = 4gx + \text{Const.}$ giebt. War also da, wo $x = 0$ ist, $v = c$, so hat man $v^2 = c^2 + 4gx$, das ist: auch, wenn der Körper in K eine Anfangsgeschwindigkeit hatte, so hat doch in B das Quadrat seiner Geschwindigkeit um soviel zugenommen, als der verticalen Tiefe gemäfs ist. Körper also, die auf verschiedenen Wegen herabfallen, und in einer gewissen Horizontallinie KL gleiche Geschwindigkeit hatten, kommen in jeder andern Horizontallinie MN mit gleichen Geschwindigkeiten an, obgleich der eine L diese Horizontallinie später, der andere K sie früher erreicht, wegen der ungleichen Wege LM, KN. Fig. 3.

14. Die geneigte Ebene giebt das einfachste Beispiel. Hier ist $\text{Sin.}\,\varphi$ unveränderlich, also $v = 2g\,t.\,\text{Sin.}\,\varphi + c$, wenn die Anfangsgeschwindigkeit $= c$ war, und

$$s = g\,t^2\,\text{Sin.}\,\varphi + c\,t.$$

Für $c = 0$ ist $s = g.\,t^2.\,\text{Sin.}\,\varphi$, also der in bestimmter Zeit durchlaufene Weg desto kleiner, je kleiner die Neigung gegen die horizontale Ebene ist. Hierdurch hat man es daher in seiner Gewalt, die durch die Schwerkraft hervorgebrachte Bewegung so langsam zu erhalten, dafs sich die in bestimmten Zeiten durchlaufenen Wege bequem beobachten lassen, und deshalb bediente Galilei sich dieses Mittels, um seine Theorie zu prüfen.

15. Schon Galilei fand den merkwürdigen Satz[1], dafs die Fallzeit durch verschiedene, vom tiefsten Puncte eines Kreises ausgehende Sehnen, gleich ist. Es sey nämlich $AD = 2r$ der verticale Durchmesser eines Kreises, DM eine unter dem Winkel $MDE = \varphi$ gegen den Horizont geneigte, vom tiefsten Puncte ausgehende Sehne, so ist $DCM = 2\varphi$ und $DM = 2r.\,\text{Sin.}\,\varphi$. Da nun allemal (No. 13) der durchlaufene Fig. 4.

1 Opere di Galilei Tom. 2. p. 594.

Weg $= s = gt^2 \, \text{Sin.} \varphi$ ist, so findet man die auf dem Wege $= 2r \, \text{Sin.} \varphi$ verwandte Zeit $= \sqrt{\frac{s}{g \, \text{Sin.} \varphi}} = \sqrt{\frac{2r}{g}}$.

Diese Zeit ist folglich von der Länge und Neigung der Sehne unabhängig, und Körper, die auf AD, BD, MD herablaufend ihre Bewegung gleichzeitig in A, B, M anfangen, erreichen den Punct D in demselben Augenblicke. Selbst eine sehr kleine vom tiefsten Puncte D aus gezogene Sehne des Kreises wird in eben so langer Zeit durchlaufen, weil die beschleunigende Kraft, bei der geringen Neigung der Sehne, in eben dem Maſse geringer wird, in welchem die Sehne kürzer ist.

16. Wenn der Weg, den der Körper durchlaufen kann, eine krumme Linie ist, so lassen die Gleichungen

$$dv = 2g\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi = 2g.dt.\ \frac{dx}{ds}$$

$$\text{und}\quad ds = v\,dt,$$

in No. 13 sich nicht anders integriren, als wenn die Natur der Curve bekannt ist, oder x und s durch einander gegeben sind.

Fig. 5. Die krumme Linie sey ein Kreis, in welchem der Bogen s vom tiefsten Puncte an gerechnet wird: C sey der Mittelpunct, r der Halbmesser, und der Bogen AX $= s = r\varphi$, wenn ACX $= \varphi$ ist. Die Neigung der an X gezogenen Tangente ZX gegen die Horizontallinie AB ist $= \varphi =$ ACX, also

$$dv = 2g\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi,$$

und weil hier, wenn der Körper sich gegen A zu bewegt, $v\,dt = -ds = -r\,d\varphi$ ist,

$$2v\,dv = 4gv\,dt.\ \text{Sin.}\ \varphi = -4gr\,d\varphi\ \text{Sin.}\ \varphi,$$

$$\text{oder}\ v^2 = \text{Const.} + 4gr\ \text{Cos.}\ \varphi.$$

War also $v = 0$, als der Körper sich in D befand und war dort ACD $= \gamma$, so ist $v^2 = 4gr\,(\text{Cos.}\,\varphi - \text{Cos.}\,\gamma.)$,

$$= 4g.\ EF,\ \text{wenn DE, XF,}$$

Horizontallinien durch die beiden Puncte D, X sind.

Hieraus sollte nun $t = \int \frac{ds}{v} = \int \frac{-d\varphi.\sqrt{r}}{\sqrt{[4g\,(\text{Cos.}\,\varphi - \text{Cos.}\,\gamma)]}}$

als Zeit des Falles durch DX gefunden werden, was aber allgemein nur durch Entwickelung einer Reihe möglich ist.

Wenn φ und γ beide so klein sind, daſs man

$$\text{Cos.}\ \varphi = 1 - \tfrac{1}{2}\varphi^2$$

$$\text{Cos.}\ \gamma = 1 - \tfrac{1}{2}\gamma^2$$

Digitized by Google

setzen darf, so wäre $dt = -d\varphi . \sqrt{\frac{r}{2g(\gamma^2 - \varphi^2)}}$

oder $dt = \frac{-d\varphi}{\gamma \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{\varphi^2}{\gamma^2}\right)}} . \sqrt{\frac{r}{2g}}$,

und $t = \frac{-\sqrt{r}}{\sqrt{2g}}$. Arc. Sin. $\frac{\varphi}{\gamma}$ + Const.

Hier bedeuten φ, γ zwar selbst zwei Bogen, aber die Zahl $\frac{\varphi}{\gamma}$ giebt eine Zahl an, die in den Sinustafeln aufgesucht einen zugehörigen Bogen, der hier in seinem Verhältniſs gegen den Halbmesser angegeben werden muſs, ergiebt. Da t verschwinden soll, wenn $\varphi = \gamma$ ist, weil in D die Bewegung anfing, so ist $t = \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{2g}} \left\{ - \text{Arc. Sin.} \frac{\varphi}{\gamma} + \frac{1}{2}\pi \right\}$ indem Arc. Sin. $1 = \frac{1}{2}\pi$ ist; und die Zeit, bis der bewegte Punct in A ankommt, wo $\varphi = 0$ ist, wird $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{r}{2g}}$, oder wenn $2r = 1$ ist, eben die Zeit $= \frac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{1}{g}}$.

Hieraus folgt also für sehr kleine Bewegungen auf dem Kreisbogen, daſs die Zeiten nicht von der Gröſse des Bogens abhängen, daſs sie aber den Quadratwurzeln aus den Durchmessern direct, und dem Werthe von $\sqrt{g}$ umgekehrt proportional sind. Für gröſsere Bogen ist das Integral nicht anders als durch Reihen zu bestimmen, und es wird da die Zeit des ganzen Falles durch den Bogen D A

$$= \tfrac{1}{4}\pi \sqrt{\frac{1}{g}} \cdot \left\{ 1 + \tfrac{1}{4} \frac{AE}{\alpha} + \frac{9}{64} \frac{AE^2}{\alpha^2} + \text{etc.} \right\}$$

Der fallende Körper durchläuft jeden Bogen, der kleiner als der Quadrant, und selbst diesem gleich ist, in kürzerer Zeit, als er die Sehne desselben durchlaufen würde.

Wenn bei unsern Pendeln die Masse des ganzen Körpers als in einem Puncte vereinigt angesehen werden dürfte, so würde die Bewegung des Pendels durch diese Formeln ausgedrückt, und es wäre, da hier die Länge des Pendels = dem Halbmesser des Kreises = r ist, die Zeit einer halben Pendelschwingung $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{r}{2g}}$; einer ganzen Pendelschwingung =

$\pi \sqrt{\frac{r}{2g}}$, wenn die Schwingungen klein sind. Hier zeigt sich also, wie g (No. 8) aus der Länge des Secundenpendels bestimmt wird.

17. Da hier die Schwingungen bei *kleinen* Bogen gleiche Zeiten fordern, wenn auch die Bogen verschieden sind, und also für ungleiche kleine Bogen ein *Isochronismus* der Oscillation statt findet, so entstand natürlich die Frage, ob irgend eine Curve für *alle* Bogen die Eigenschaft habe, daſs der fallende Körper jeden Bogen, der bis zum tiefsten Puncte reicht, in gleichen Zeiten durchlaufe [1]. HUYGENS bemerkte, daſs die *Cykloide* diese Eigenschaft habe, und daſs sie also eine isochronische oder tautochronische Curve sey. Diese Eigenschaft muſs derjenigen Curve zukommen, deren Neigung gegen den Horizont in jedem Puncte so bestimmt wäre, daſs der Sinus der Neigung dem vom tiefsten Puncte an gerechneten und bis zu diesem
Fig. 6. Puncte genommenen Bogen proportional wäre. Denn wenn $AG = s$ und $\text{Sin. } GHK = \frac{s}{b}$ wäre, so würde die Geschwindigkeit $= v$, die der Körper in G erlangt hat, um $dv = 2g \frac{s}{b} dt$ zunehmen, also $v\,dv = -\frac{2g\,s\,ds}{b}$ und $v^2 = -\frac{2g\,(s^2 - a^2)}{b}$ seyn, wenn $AGN = a$ der Bogen ist, in dessen Anfangspuncte N die Geschwindigkeit $= 0$ war. Daraus aber würde

$$dt = \frac{-ds}{v} = \frac{-ds}{\sqrt{(a^2 - s^2)}} \sqrt{\frac{b}{2g}}$$

oder $t = \frac{-\sqrt{b}}{\sqrt{2g}} \cdot \text{Arc. Sin.} \frac{s}{a} + \text{Const.}$

oder, weil für $s = a$, $t = 0$ seyn soll,

$t = \sqrt{\frac{b}{2g}} \left(\frac{1}{2}\pi - \text{Arc. Sin.} \frac{s}{a} \right)$ welches die ganze Zeit des Falles vom höchsten Puncte bis an den tiefsten Punct A unabhängig von dem durchlaufenen Bogen $a = \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{b}{2g}}$ giebt.

Hiermit ist erwiesen, daſs die gleiche Fallzeit durch jeden bis an den untersten Punct A reichenden Bogen von jener Eigen-

---

1 Vergl. *Bewegung*. Th. I. S. 963.

schaft abhängt. Jene Eigenschaft läſst sich aber, wenn die verticale Ordinate AF $= z$ heiſst, durch $\frac{dz}{ds} = \frac{s}{b}$ oder $2bz = s^2$ oder $s = \sqrt{2bz}$ ausdrücken, woraus $ds = dz\sqrt{\frac{b}{2z}}$ folgt. Es sey die Ordinate FG $= x$, also $ds^2 = dx^2 + dz^2 = \frac{b\,dz^2}{2z}$, so wird $dx = dz.\sqrt{\left(\frac{b-2z}{2z}\right)}$; und wenn man hier

$$\text{Cos.}\,\varphi = 1 - \frac{4z}{b} \text{ setzt,}$$

wodurch $z = \frac{1}{4}b - \frac{1}{4}b \text{ Cos.}\,\varphi$

$$dz = \tfrac{1}{4}b\,d\varphi \text{ Sin.}\,\varphi$$

$\sqrt{\left(\frac{b-2z}{2z}\right)} = \text{Cotang.}\,\frac{1}{2}\varphi$, wird: so erhält man

$$dx = \tfrac{1}{4}b\,d\varphi\,(1 + \text{Cos.}\,\varphi);\; x = \tfrac{1}{4}b\varphi + \tfrac{1}{4}b \text{ Sin.}\,\varphi,$$
$$z = \tfrac{1}{4}b\,(1 - \text{Cos.}\,\varphi).$$

Dieses sind die beiden Gleichungen für die Coordinaten der Cykloide, wenn φ der Wälzungswinkel und $\frac{1}{4}b$ der Halbmesser des wälzenden Kreises ist.

Wie es möglich ist, daſs der Bogen NA eben so schnell als der Bogen GA durchlaufen werde, wenn nämlich das eine Mal in N, das andere Mal in G die Bewegung mit der Geschwindigkeit $= 0$ anfing, das läſst sich wohl übersehen. Der Körper erlangte nämlich wegen der starken Neigung der Curve in N sogleich im Anfange eine groſse Geschwindigkeit und legt daher den Bogen GA viel schneller zurück, als wenn er in G ohne Geschwindigkeit seinen Lauf angefangen hätte.

18. Die Cycloide hat aber nicht bloſs die Eigenschaft, die tautochronische Curve zu seyn, sondern sie ist auch die *Brachystochrone*, das heiſst, diejenige Curve, auf welcher ein Körper am schnellsten von einem höher liegenden Puncte zum tiefern gelangt.

Wenn der Halbmesser des wälzenden Kreises $= \frac{1}{4}b = \varrho$ ist, so ist die Zeit des Falles bis zum tiefsten Puncte $t = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{2\varrho}{g}}$ auf der Sehne NA würde sie $t' = \sqrt{\frac{AN}{g.\,\text{Sin. ANQ}}}$ seyn, also wenn N der höchste Punct,

Sin. ANQ $= \frac{2\varrho}{AN}$ und AN $= \varrho \sqrt{(4 + \pi^2)}$ ist,

$t' = \frac{\sqrt{(4\varrho + \pi^2 \varrho)}}{\sqrt{2g}}$, also viel grölser seyn, und selbst auf dem Kreisbogen wäre sie gröfser[1].

Die Linie des schnellsten Falles, oder die Brachystochrone mufs so beschaffen seyn, dafs $t = \int \frac{ds}{v}$ ein Kleinstes ist. Aber die Geschwindigkeit v ist durch die verticale Höhe des Falles völlig bestimmt; ist diese nämlich $= z$, so ist $v = 2\sqrt{gz}$, die Curve sey welche man will, und es mufs also $\int \frac{ds}{2\sqrt{gz}} =$ *minimum* seyn, wenn dieses Integral zwischen den Grenzen genommen wird, welche die beiden gegebenen Puncte, von welchem aus und zu welchem hin die Bewegung gehen soll, bestimmen. Da aber ds nicht als ein unabhängiges Differential der Rechnung zum Grunde gelegt werden kann, weil es, nach Verschiedenheit der Richtung jedes einzelnen Theils der Curve ein anderes Verhältnifs gegen dz hat, so müssen wir dafür $ds = \sqrt{(dx^2 + dz^2)}$ setzen, so dafs $\int \frac{\sqrt{(dx^2 + dz^2)}}{\sqrt{z}}$ ein Kleinstes seyn mufs, indem ja der constante Divisor $2\sqrt{g}$ auf diese Eigenschaft keinen Einflufs hat.

Denkt man sich nun mannigfaltige Curven durch beide gegebene Puncte gezogen, so würde für jede derselben x eine andre Function von z seyn; für jede derselben würde unser Integral einen andern Werth erhalten, und wenn man von einer zu einer andern, wenig davon abweichenden überginge, so würde im Allgemeinen eine Aenderung im Werthe des Integrals vorgehen, und diese Aenderung ist es, die hier die Variation des Integrals, (die man mit δ bezeichnet,) heifst. Aber es erhellet leicht, dafs wenn die Curve des schnellsten Falles richtig gezeichnet wäre, so würde man, sowohl durch bedeutendere Abweichungen nach der einen Seite als durch Abweichungen nach der andern Seite, ein *gröfseres* Integral erhalten; statt dafs also sonst in einer gewissen Reihenfolge, wenn man verschiedene

---

1 Galilei glaubte, der Kreis möge diese Eigenschaft haben. Opere. Tom. II. p. 627.

Linien gezeichnet hätte, die zweite ein kleineres Integral als die erste, und ein gröfseres als die dritte geben würde, hätte die als richtig gezeichnete Curve die Eigenschaft, dafs, wenn sie die mittlere oder zweite wäre, das Integral kleiner für sie als für die erste, aber auch kleiner als für die dritte seyn würde. Mit andern Worten, die richtige Curve ist diejenige, wo das Integral bei *sehr geringen* Aenderungen keine (nämlich durch das erste Glied der Differenzreihe auszudrückende) Aenderung leidet. Daher $\delta \int \frac{\gamma(dx^2+dz^2)}{\gamma z} = 0$, oder

$$\int \delta . \left\{ \frac{\gamma(dx^2+dz^2)}{\gamma z} \right\} = 0,$$

oder da die Bestimmung der Variationen keinem andern Gesetze, als der Bestimmung der Differentiale folgt,

$$0 = \int \left\{ \frac{dx.\delta dx}{ds.\gamma z} + \frac{dz.\delta dz}{ds.\gamma z} - \tfrac{1}{2}\frac{ds.\delta z}{\gamma z^3} \right\}.$$

Da hier das Zeichen δ sich auf die Aenderungen bezieht, die statt finden, wenn man von einer Curve zur andern übergeht, die Integration aber den Fortgang auf einer und derselben Curve betrifft, so bezieht sich die Integration auf das Zeichen d, und indem $\delta dx = d. \delta x$, so ist folgende theilweise Integration unstreitig erlaubt:

$$\text{Const.} = \frac{dx}{ds.\gamma z}\delta x + \frac{dz}{ds\gamma z}\delta z - \int \left\{ \delta x . d. \left(\frac{dx}{ds\gamma z}\right) + \delta z \left(d. \frac{dz}{ds.\gamma z} + \frac{ds}{2\gamma z^3} \right) \right\}$$

Die Const. müfste hier so bestimmt werden, dafs der Werth des Integrals bei dem einen gegebenen Puncte, wo die Bewegung anfangen sollte, = 0 würde und dann müfste das Integral bis zu dem andern gegebenen Puncte genommen werden, um seinen vollen Werth zu erhalten. Dafs diese Integration nicht blofs erlaubt, sondern nothwendig sey, ist etwas schwerer zu beweisen; indefs läfst sich wenigstens folgendes annehmen. Wenn wir uns eine der Curven, unter denen wir die richtige auswählen sollen, gezeichnet denken, so gehen wir zu einer andern über, indem wir den einzelnen Puncten jener eine geänderte Lage geben. War also dx, als dem Bogen ab angehörend $= \alpha\gamma$, so wird es, indem jene Puncte nach a′ und b′ hinübergehen, in $\alpha\delta$ verändert und es wäre $\alpha\delta - \alpha\gamma = \delta . dx$. Fig. 7.

Es erhellet aber leicht, daſs man von der Curve HK zur Curve HL übergehen kann, ohne gerade die Endpuncte eines bestimmten Elementes ab nach den Puncten a' und b' hinüber zu tragen, und daſs folglich die $\delta . dx$, selbst bei dem Uebergange zu einer bestimmten Curve, unbestimmt bliebe. Diese Unbestimmtheit muſs offenbar in der Reohnung vermieden werden, und daher gilt die Regel, daſs die verschiedenen Zeichen δ, d nicht vereinigt vorkommen dürfen.

Sobald durch diese Operation die Glieder so getrennt sind, daſs Glieder mit δx und mit δz multiplicirt auſser dem Integralzeichen, und eben so gebildete Glieder unter dem Integralzeichen stehen, so ist keine weitere Integration möglich; denn eine neue theilweise Integration würde auf $d.\delta x$ und $d.\delta z$ zurückführen, eine vollkommene Integration aber wäre nur möglich, wenn für δx, δz, bestimmte Functionen von x, z gesetzt würden, was gegen die Natur der Sache ist, indem wir dann zu einer genau bestimmten andern Curve übergingen, statt daſs wir zu einer jeden andern Curve sollten übergehen dürfen.

Aber eben diese Betrachtung fordert nun auch, daſs die jetzt noch unter dem Integralzeichen stehende Summe von Gliedern gänzlich verschwinde. Es ist nämlich offenbar, daſs die vom Integralzeichen befreiten Glieder zwischen den Grenzen, welche die beiden Endpuncte angeben, genommen, einen bestimmten Werth geben, die unter dem Integralzeichen stehenden dagegen immer einen andern Werth erhalten, je nachdem wir für δx, δz uns andere Functionen von x und z denken. Jene hängen nur noch von den Endpuncten ab, das ganze Integral dagegen von den durch den ganzen Raum der Curve angenommenen Werthen von δx, δz; nähme man daher auch das Integral so, daſs es für den Anfangspunct verschwände, so würde doch sein Werth für den Endpunct gänzlich von dem Gesetze abhängen, wonach die Aenderungen δx, δz festgesetzt wären; ein solches angenommene Gesetz würde aber die Untersuchung höchst beschränkt auf den Uebergang zu einer bestimmten Curve beziehen; soll sie unbeschränkt durchgeführt werden, so darf ein solohes Gesetz gar nicht herein gebracht werden; — kurz, da mit jedem solchen Gesetze ein anderer Werth des Integrals hervorginge, und doch dieses Integral einen constanten Werth haben soll, so muſs es $= 0$ seyn, oder der Coefficient von δx unter dem Integralzeichen, muſs eben so wie

Digitized by Google

der Coifficient von δz, jeder für sich, $= 0$ seyn, indem nur dann jenes Constantbleiben für alle Functionen, die man statt δx, δz setzen möchte, statt findet.

Es ist also $0 = d.\frac{dx}{ds.\surd z}$,

$$\text{und } 0 = \frac{ds}{2.\surd z^3} + d.\frac{dz}{ds.\surd z}.$$

Hierin scheint eine doppelte Bedingung gegeben zu seyn; ich werde aber sogleich zeigen, daſs die eine schon in der andern enthalten ist, und es läſst sich aus allgemeinen Gründen zeigen, daſs dieses allemal statt findet.

Die erste giebt $\frac{dx}{ds.\surd z} = \text{Const.}$,

oder $z\,ds^2 = a\,dx^2$,

$$\text{oder } dx = dz\sqrt{\frac{z}{a-z}}.$$

Es sey hier wieder $\sqrt{\frac{z}{a-z}} = \text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$,

$\frac{\surd z}{\surd a} = \text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$; $\frac{\surd(a-z)}{\surd a} = \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$,

also $\text{Cos.}\,\varphi = 1 - \frac{2z}{a}$, $dz = \tfrac{1}{2}a\,d\varphi.\,\text{Sin.}\,\varphi$,

$dx = \tfrac{1}{2}a\,d\varphi.\,\text{Sin.}\,\varphi.\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varphi = a\,d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi$.

also

$$x = C - 2a\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi + a\int d\varphi.\,\text{Cos.}^2\tfrac{1}{2}\varphi,$$
$$x = C - 2a\,\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi\,\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varphi + a\int(d\varphi - d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi),$$
$$x = C - a\,\text{Sin.}\,\varphi + a\varphi - x,$$

da $dx = a\int d\varphi.\,\text{Sin.}^2\tfrac{1}{2}\varphi$ war,

also endlich $x = \tfrac{1}{2}C + \tfrac{1}{2}a\varphi - \tfrac{1}{2}a\,\text{Sin.}\,\varphi$.

oder da der Anfangspunct der Abscissen willkürlich ist, und C nur davon abhängt,

$$x = \tfrac{1}{2}a\varphi - \tfrac{1}{2}a.\,\text{Sin.}\,\varphi,$$
$$z = \tfrac{1}{2}a - \tfrac{1}{2}a.\,\text{Cos.}\,\varphi,$$

Gleichungen, in denen man die *Cykloide* erkennt.

Daſs die zweite Bedingungsgleichung eben das giebt, läſst sich hier leicht zeigen. Wir hatten nämlich

$$ds.\surd z = dx\surd a, \text{ also}$$

$$dx^2 = dz^2.\frac{z}{a-z},$$

$$ds = dz \sqrt{\frac{a}{a-z}}, \text{ und daher}$$

$$d \cdot \frac{dz}{ds \cdot \sqrt{z}} = d \cdot \sqrt{\frac{a-z}{az}} = \frac{-\frac{1}{2} a\, dz}{\sqrt{[az^3(a-z)]}},$$

welches sich gegen $\frac{ds}{2\sqrt{z^3}} = + \frac{\frac{1}{2} dz \sqrt{a}}{\sqrt{(z^3(a-z))}}$ aufhebt.

Die *Cykloide* ist also die Linie des schnellsten Falles, und eben so wie hier wird in allen Fällen die Natur der gesuchten Curve aus dem unaufgelöst gebliebenen Integral, welches $= 0$ seyn mufste, hergeleitet. Nur diejenige Curve, für welche jene einzelnen unter dem Integralzeichen stehenden Coefficienten $= 0$ werden, hat die Eigenschaft, dafs bei kleinen Abweichungen von ihr die Fallzeit sich gar nicht oder nur um Gröfsen des zweiten Grades, (die hier positiv ausfallen würden) ändert.

Um die Cykloide völlig zu bestimmen, mufs nun die Lage der beiden Puncte gegeben seyn. Für den einen mag $x = a'$, $z = b'$ für den andern $x = a''$, $z = b''$ seyn, so würde die Constans der Gleichung Const. $= \frac{dx}{ds \cdot \sqrt{z}} \delta x + \frac{dz}{ds \cdot \sqrt{z}} \delta z$

$$\text{durch Const.} = \frac{da' \cdot \delta a' + db' \cdot \delta b'}{\sqrt{b'} \cdot \sqrt{(da'^2 + db'^2)}}$$

gegeben und der volle Werth dieser Integralgleichung durch

$$\frac{da' \cdot \delta a' + db' \cdot \delta b'}{\sqrt{b'} \cdot \sqrt{(da'^2 + db'^2)}} = \frac{da'' \cdot \delta a'' + db'' \cdot \delta b''}{\sqrt{b''} \cdot \sqrt{(da''^2 + db''^2)}},$$

ausgedrückt seyn.

Wären nun die Puncte, von deren einem der Fall ausgehn und zu deren anderem er hingehen soll, nicht als ganz feste Puncte gegeben, sondern hiefse die Frage, man solle die Linie bestimmen, auf welcher der Körper am schnellsten von der Li-
Fig. 8. nie AB zu CD hinüber gelangte, so liefse sich der Anfangspunct G verändern, oder es wäre auch a' und b' einer Variation unterworfen, jedoch so, dafs G auf der Linie AGB bleiben müfste, also $\delta b'$ durch $\delta a'$ gegeben wäre. In diesem Falle bezieht sich $\delta a'$, $\delta b'$, auf die Aenderung der Lage des Anfangspunctes also auf die gegebene Curve AGB, dagegen da', db' auf die Anfangsrichtung der von G ausgehenden Cykloide, die, wie sich leicht zeigen läfst, die gegebene Curve senkrecht schneiden mufs. Etwas genau diesem Entsprechendes findet in Beziehung auf den Endpunct statt. Aber um nicht zu lange bei

Digitized by Google

dieser Frage zu verweilen, will ich nicht diesen Fall betrachten, sondern nur den, da beide Endpuncte fest gegebene Puncte sind. In diesem Falle ist $\delta a' = \delta b' = 0$; $\delta a'' = \delta b'' = 0$, weil keine willkürliche Abänderung der Puncte gestattet ist, und nun fügt die zuletzt angeführte Gleichung keine neue Bedingung zur Auflösung hinzu, sondern diese ist völlig in den beiden Gleichungen

$$x = C + \tfrac{1}{2} a \varphi - \tfrac{1}{2} a.\ \mathrm{Sin.}\ \varphi,$$
$$z = \tfrac{1}{2} a - \tfrac{1}{2} a.\ \mathrm{Cos.}\ \varphi$$

enthalten, wo C, a noch zu bestimmen sind. Die Lage der beiden Puncte dient zu ihrer Bestimmung, und diese sey also durch $x = 0$, $z = 0$ für den höheren; $x = \alpha$, $z = \beta$ für den tieferen gegeben. Dann ist

$$0 = C + \tfrac{1}{2} a \varphi - \tfrac{1}{2} a\ \mathrm{Sin.}\ \varphi,$$
$$\text{und } 0 = \tfrac{1}{2} a - \tfrac{1}{2} a\ \mathrm{Cos.}\ \varphi,$$

also $\varphi = 0$, im Anfangspuncte (vermöge der zweiten Gleichung) und zugleich $C = 0$; für den Endpunct aber

$$\alpha = \tfrac{1}{2} a \varphi - \tfrac{1}{2} a\ \mathrm{Sin.}\ \varphi$$

und $\beta = \tfrac{1}{2} a\ (1 - \mathrm{Cos.}\ \varphi)$, wo a dadurch bestimmt wird, daſs

$$\mathrm{Cos.}\ \varphi = 1 - \frac{2\beta}{a},$$

$$\text{und } \alpha = \tfrac{1}{2} a \left\{ \mathrm{Arc.\ Cos.} \left(1 - \frac{2\beta}{a}\right) - \sqrt{\left(\frac{4\beta}{a} - \frac{4\beta^2}{a^2}\right)} \right\}$$

ist. Die letzte Gleichung, als eine transcendente, muſs durch Versuche aufgelöset werden.

Es sey $\alpha = \tfrac{1}{2} \beta \pi$, so läſst sich leicht übersehen, daſs $a = \beta$ wird, indem dadurch $\alpha = \tfrac{1}{2} \beta.\ \mathrm{Arc.\ Cos.}\ (-1) = \tfrac{1}{2} \beta \pi$, identisch wird. In diesem Falle ist der Anfangspunct, (wie allemal bei einem festen Anfangspuncte) der Punct, in welchem die Cykloide ihre Spitze hat, der Endpunct hingegen der tiefste der Cykloide, oder der Körper durchläuft gerade die halbe Cykloide.

Um einen andern Fall zu betrachten, sey dagegen $\alpha = 10 \beta$, also

$$10\,\beta = \tfrac{1}{2} a\ (\varphi - \mathrm{Sin.}\ \varphi),$$
$$\beta = \tfrac{1}{2} a\ (1 - \mathrm{Cos.}\ \varphi),$$
$$10 = \frac{\varphi - \mathrm{Sin.}\ \varphi}{1 - \mathrm{Cos.}\ \varphi}.$$

Digitized by Google

Versucht man hier $\varphi = 270°$, so ergiebt sich nach dem Gleichheitszeichen 5,712,

$\varphi = 300°$ giebt . . . . 12,204.
$\varphi = 290°$ . . . . 9,12.
$\varphi = 293°$ . . . . 9,904.
$\varphi = 294°$ . . . . 10,188.
$\varphi = 293°. 20'$ . . . . . 9,9978.
$\varphi = 293°. 21'$ . . . . . 10,00002. und endlich

$$a = \frac{2\beta}{1 - \text{Cos. } 293°. 21'} = 3{,}313. \beta.$$

das ist, die Cykloide muſs durch einen Kreis vom Durchmesser = 3,313. β beschrieben werden, damit der auf ihr fallende und in ihrer zweiten Hälfte wieder steigende Körper in der kür-
Fig. 6. zesten Zeit zum Endpuncte gelange. Da $BC = \beta$, $NB = 10\beta$ war, so würde ein auf NC laufender Körper die Zeit

$= \frac{\sqrt{101.\beta}}{2\sqrt{g}} = \frac{\sqrt{\beta}}{\sqrt{g}}. 5{,}0497$ nöthig haben; der die halbe Cykloide NA durchlaufende Körper braucht die Zeit

$= \pi.\sqrt{\frac{\beta}{g}}. \sqrt{0{,}8281} = 2{,}876. \sqrt{\frac{\beta}{g}}$, er würde also in einer

Zeit $= 5{,}74. \sqrt{\frac{\beta}{g}}$ den höchsten Punct der Cykloide E wieder erreichen, also der Punct C schon viel früher, und selbst hier, wo der Endpunct erst im Steigen wieder erreicht wird, ist die Cykloide die Linie des schnellsten Falles.

Ueber die Gesetze des Falles im widerstehenden Mitteln s. *Widerstand.* ***B.***

Fallmaschine.

Atwood's Fallmaschine, um die Gesetze des freien Falles zu zeigen, beruht auf der einfachen Ueberlegung, daſs man die Schnelligkeit des Falles mäſsigen kann, indem man die Beschleunigung des fallenden Körpers durch ein Gegengewicht vermindert, daſs aber die Gesetze, nach welchen Geschwindigkeit und durchlaufener Weg von der Zeit abhängen, dabei ungeändert bleiben.

Fig. 9. Auf der Mitte eines dreieckigen Fuſsbrettes AB, welches auf einem Fuſse D und zwei Schrauben E, E, ruhet, um durch letztere horizontal gestellt zu werden, erhebt sich senkrecht die

hölzerne Säule FG, auf welcher, einige Zolle vom höchsten Puncte anfangend, eine Theilung von Zollen und Zehntel-Zollen angebracht ist. Diese Theilung wird, um die Tiefen des Falles anzugeben, von oben an herabwärts gezählt, und geht, (wie die Figur zeigt) bis auf 64 Zolle. (Statt 64 Zolle, welches eine Anordnung auf 8 Secunden ist, könnte man 49 Zoll, 81 Zoll wählen, wenn man die Einrichtung auf 7 oder 9 Secunden machen wollte.)

Oben bei G ist vermittelst der Schraube N, die in einer messingenen Schraubenmutter eine genaue und sichere Haltung finden muſs, eine Platte LM befestigt, welche die Rolle K trägt. Diese Rolle, die sehr genau centrirt und überhaupt sauber gearbeitet seyn muſs, da von ihrer vollkommen gleichen und leichten Bewegung alles abhängt, dreht sich um eine stählerne Axe ab, deren Enden in sorgfältig gearbeiteten Zapfenlagern ruhen. Man kann durch eine Schraube die an den Enden geschlossenen kreisförmigen Zapfenlager ein wenig mehr oder weniger gegen die in Spitzen ausgehenden Enden der Axe drükken, wodurch die — allemal schwache — Reibung ein wenig vermehnt oder vermindert wird. Fig. 10.

Ueber den eingeschnittenen Rand der Rolle geht eine Schnur, an welcher die Gewichte bei OP, O'P' hängen. Die Rolle hat ihre Stellung aber genau so, daſs das eine dieser Gewichte vor der Mitte der Scale herabläuft. Um die Bewegung der Gewichte, unter denen das vor der Scale herabsinkende das Uebergewicht haben muſs, zu hemmen, dient ein horizontal beweglicher, mit Tuch bekleideter Hebel Q, der die Schnur bei M andrückt, und den man durch einen Schlag mit einem Stäbchen plötzlich fortbewegt in dem Augenblicke, da die Bewegung des fallenden Gewichtes anfangen soll[1]. Die Gewichte richtet man (aus Gründen, die nachher vorkommen) so ein, daſs sie aus kreisförmigen Scheiben bestehen, und auf die mit ihnen gleichen Durchmesser habenden Scheiben OP, O'P', sich auflegen lassen, wo sie von dem mit OP senkrecht verbundenen, metallenen Stäbchen p gehalten werden, indem sie, mit einem Einschnitte versehen, von der Seite aufgeschoben, auf Fig. 11.

1 Dieser Hebelarm ist in Fig. 9 nur im Querschnitte, als die Schnur bei M andrückend, zu sehen, in Fig. 10 aber im Längendurchschnitte MQ. Sein Drehungspunct liegt etwa bei R.

Digitized by Google

den Scheiben OP, O′P′ ruhen. Diese Gewichte sind nun erstlich solche, die auf beiden Scheiben OP, O′P′ gleich aufgelegt werden, und dann zweitens ein Uebergewicht, das dem *vor* der Scale herabsinkende Gewichte beigefügt wird. Endlich befindet sich seitwärts an der Säule ein Pendel, welches bestimmt ist, die Zeit des Herabfallens des Gewichtes OP zu messen. Dasselbe ist entweder ein einfaches Secundenpendel, wenn die Gewichte OP, O′P′ so eingerichtet werden, daſs das Herabfallen innerhalb einer Zeit von 8 Secunden geschieht, oder die Linse desselben ist beweglich, um seine Schwingungen willkürlichen Zeiten anzupassen. Der Gebrauch, den man von dieser Maschine machen will, ist ein doppelter. Erstlich zu zeigen, daſs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind; zweitens die Geschwindigkeit, welche der fallende Körper wirklich in einem bestimmten Augenblicke erlangt hat, anzugeben, oder zu zeigen, daſs sie der Theorie gemäſs ist. Die Vorbereitung zu diesen Versuchen besteht nur darin, daſs man die Maschine in eine genau verticale Stellung bringe, und das richtige Uebergewicht, um einen bestimmten Fallraum in
Fig. 12. der Secunde zu erhalten, berechne. Um das erstere zu erhalten, bringt man die durchbrochene Unterlage, deren Kreisöffnung die Gewichtsscheiben bequem, aber ohne zu groſsen Raum übrig zu lassen, durchläſst, ziemlich tief an der Säule so an, daſs das Gewicht hindurch geht, und corrigirt die Stellung der Säule mit Hülfe der Schrauben E, E, so lange, bis das Gewicht frei, ohne anzustoſsen, durchgeht. Diese Unterlage, wird durch den um die Säule passenden Arm ws gehalten, und durch eine Feder bei s an die Säule fest angedrückt. Um aber das zu einer bestimmten Beschleunigung erforderliche Uebergewicht zu finden, muſs man so verfahren. Wir wollen annehmen, die Zolle wären Pariser Zolle und man verlange, daſs der Fallraum in der ersten Secunde 1 Zoll betragen solle, so muſs, da 1 Zoll gleich dem 181sten Theile der natürlichen Fallhöhe ist, die Beschleunigung auf $\frac{1}{181}$ herabgesetzt werden; also, wenn man auf das Moment der Trägheit der Scheibe nicht achtet, und mit P das eine, mit P + q das andere Gewicht bezeichnet, so muſs $\frac{q}{2P+q} = \frac{1}{181}$ seyn, indem die bewegende Kraft gleich dem Uebergewichte q, die bewegte Masse $= 2P + q$

ist, und jene Kraft auf eine Masse = q verwandt die volle Geschwindigkeit der frei fallenden Körper, auf 2q verwandt die halb so groſse Geschwindigkeit u. s. w. hervorbringen würde, also nur $\frac{1}{181}$ der Geschwindigkeit, wenn die Masse = 181. q ist. Es müſste also 180. q = 2 P, $q = \frac{1}{90}$ P seyn, das ist 50 Gran, wenn man jedes der beiden Gewichte auf 4500 Gran eingerichtet hätte. Um genau zu rechnen, muſs man zu dem Gewichte 2 P noch das auf die Entfernung der Schnur reducirte Gewicht der Rolle K rechnen; denn auch diese Masse muſs mit in Bewegung gesetzt werden. Ist die Rolle so gearbeitet, daſs sie durchbrochen, wie ein Rad, nur dünne Radien, zu Verbindung des festen Randes, in dem die Schnur läuft, mit der Axe, darbietet, so liegt fast ihre ganze Masse nahe in eben der Entfernung vom Mittelpuncte, wie die Schnur selbst, und erhält fast eben die Geschwindigkeit, wie die Gewichte; daher man dann sehr unbedeutend fehlt, wenn man das ganze Gewicht der Rolle mit den angehängten Gewichten und der Schnur zusammen unter 2 P versteht.

Findet man es zu unbequem, erst das für den Fallraum = 1 Zoll in der ersten Secunde erforderliche Uebergewicht auszurechnen, so kann man statt des Secundenpendels ein Pendel, an welchem die Linse sich verschieben läſst, nehmen, und dieses so stellen, daſs es 8 Schläge thut, während das mit einem Uebergewicht versehene Gewicht die ganze Scale von 64 Zollen durchläuft; diese Stellung der Pendellinse läſst sich durch einige Versuche leicht erhalten und dient für jedes willkürliche Uebergewicht; hier will ich indeſs annehmen, man habe die Anordnung richtig nach dem Secundenpendel gemacht.

Um nun erstlich zu zeigen, daſs die Fallräume den Quadraten der Zeiten proportional sind, hängt man das Gewicht mit seinem gehörigen Uebergewichte an, und stellt das vor der Scale hängende so, daſs seine untere Fläche genau neben dem Nullpuncte sich befindet. Hat man diese Stellung erreicht, so drückt man den bis dahin von M entfernten Hebel an M an, damit er die Schnur gegen M herandrücke und festhalte. Man achtet dann auf die Schläge des Secundenpendels, und im Momente eines Pendelschlages stöſst man den Hebel zurück und

Digitized by Google

fängt die Schläge des Pendels zu zählen an. Ist alles richtig angeordnet, so kommt mit dem Ende der 8ten Secunde das Gewicht auf dem Boden bei F an und hat also 64 Zoll in 8 Secunden durchlaufen. Um einen zweiten Versuch für eine andre Fallzeit, zum Beispiel 5 Secunden anzustellen, wird eine Unterlage, die nicht durchbrochen ist, sondern die feste Fläche uvxy *ohne* Oeffnung darbietet, so an die Säule gesetzt, daſs sie auf 25 Zoll anliegt; der vorige Versuch wird genau eben so wiederholt, aber am Ende der 5ten Secunde hört man das Gewicht aufschlagen. So kann man sich für alle einzelne Secunden überzeugen, daſs der Fallraum 1 Zoll in der ersten, 4 Zoll in den 2 ersten, 9 Zoll in den drei ersten Secunden betrage u. s. w.

Bei diesen Versuchen konnte das den übrigen Gewichten zugelegte Uebergewicht jede beliebige Gestalt haben; bei den folgenden, wo die durchbrochene Unterlage ihre Dienste thut,
Fig. 12. muſs das Uebergewicht die Form eines Stäbchens, dessen Länge den Durchmesser des Kreises zz übertrifft, haben, oder aus mehreren solchen Stäbchen bestehen. Soll nämlich gezeigt werden, welche Geschwindigkeit der fallende Körper in einem bestimmten Puncte erlangt hat, so muſs in diesem Puncte das Uebergewicht abgehoben werden, damit der Körper ohne neue Beschleunigung, mit der einmal erlangten Geschwindigkeit fortgehe. Dieser Zweck wird durch die durchbrochene Unterlage erreicht, welche das Hauptgewicht durchläſst, aber das Uebergewicht abhebt, oder das Stäbchen, welches als Uebergewicht diente, zurückbehält. Es sey diese Unterlage so an der Säule befestigt, daſs sie genau in dem Augenblicke das Uebergewicht abhebt, wo die untere Fläche OP bei 25 Zoll ankommt: so wissen wir nun, daſs die Fallzeit bis dahin, wenn man das Fallen wie vorhin von Null anfangen läſst, 5 Secunden beträgt. Am Ende der fünften Secunde ist die erlangte Geschwindigkeit nach der Theorie $= 2g \cdot t = 2 \cdot 1 \cdot 5$, weil hier $g = 1$ Zoll der Fallraum in der ersten Secunde ist, und wenn der Körper nur diese Geschwindigkeit unbeschleunigt behielte, so würde er am Ende der 6ten Secunde bis 35 Zoll, am Ende der 7ten Secunde bis 45 Zoll, am Ende der 8ten bis 55 Zoll gelangen, und wenn man auf 55 Zoll die undurchbrochne Unterlage angebracht hat, so wird man das fallende Gewicht dort mit dem Ende der achten Secunde aufschlagen hören. Will man ihn un-

Digitized by Google

ten bei 64 aufschlagen lassen, so ist es bequem, die durchbrochne Unterlage auf 16 Zoll oder vielmehr so anzubringen, daſs das Uebergewicht abgehoben werde, indem die Grundfläche des Gewichts auf 16 Zoll ankömmt; dann hat es hier eine Geschwindigkeit von 8 Zoll in der Secunde und indem es mit dem Ende der 4ten Secunde 16 Zoll, mit dem Ende der 5ten Secunde 24 Zoll und so ferne erreicht, so schlägt es erst mit dem Ende der 10ten Secunde unten auf.

Die mancherlei Abänderungen, die man bei den Versuchen machen kann, indem man das Uebergewicht gröſser oder kleiner nimmt und so den Fallraum jedesmal anders bestimmt, die Beschleunigung aber immer der Gröſse $\frac{q}{2P+q}$ gleich findet, und andre, will ich hier nicht anführen, da das bisher Gesagte schon zeigt, daſs dieses Instrument ungemein viel Belehrung darbietet, ja sogar uns die Gröſse des Fallraums der frei fallenden Körper ziemlich genau angeben würde, wenn nicht dazu schon bessere Mittel bekannt wären. *B.*

Fallschirm.

Parachute; *Fall-breaker*; nennt man eine schirmartige Vorrichtung, womit Gegenstände aus groſsen Höhen herabfallen können, ohne beschädigt zu werden, weil durch den Widerstand der Luft gegen dieselbe die Fallgeschwindigkeit genügend verzögert wird. Die erste Idee hierzu entlehnte Le Normand, Professor zu Montpellier, aus einer Nachricht, daſs indische Sklaven sich zur Belustigung der Könige vermittelst eines Sonnenschirms aus beträchtlichen Höhen herabzulassen pflegen, und er versuchte es daher selbst den 26sten Nov. 1783, die fischbeinenen Stäbe eines Regenschirms von 30 Z. Durchmesser zur Verhütung des Zurückschlagens an den Enden mit Bindfaden festzubinden, und diesen in der Hand haltend von der ersten Etage eines Hauses herabzuspringen. Weitere Versuche machte er mit Thieren, welche an einem ähnlichen Schirme von 28 Z. Durchmesser unbeschädigt vom Observatorio herabfielen. Für einen Menschen berechnete er die erforderliche Gröſse eines Fallschirms zu 14 Fuſs Durchmesser, und schlug die Gestalt eines Conus als die bequemste vor. Einige dieser Versuche sah J. Montgolfier mit an, und wiederholte sie nachher in Verbin-

dung mit einem gewissen BRANTE, indem sie eine Vorrichtung von Leinwand in Gestalt einer Halbkugel 7—8 F. im Durchmesser haltend verfertigten, vom Rande derselben 12 Seile 7 F. lang herabhängen liefsen, diese unter der hohlen Fläche der Halbkugel vereinigten, einen Korb aus Weiden geflochten daran banden, und in diesem einen Hammel vom höchsten Thurme in Avignon mehrmals herabfallen liefsen, ohne dafs er im mindesten Schaden erlitt[1]. BLANCHARD wiederholte diese Versuche, indem er zuerst Thiere von seinen Aërostaten aus beträchtlichen Höhen mit einem Fallschirme herabfallen liefs, und es zuletzt in Basel selbst wagte, sich damit herabzulassen. Hierbei hatte er das Unglück, auf Bäume zu fallen, und ein Bein zu brechen, weswegen er den Versuch nicht wiederholte. Der von ihm gebrauchte Fallschirm, so wie derjenige, womit GARNERIN am 1sten Brumaire 1797 im Jardin de Mousseaux herabfiel, glich einem grofsen Regenschirme, welcher halb ausgespannt zwischen dem Ballon und der Gondel, eine Art von Zelt über dem Aëronauten bildete. Als er sich durch den Widerstand der Luft öffnete, hatte er 25 F. im Durchmesser, bestand aus Leinwand, und zeigte in diesem und in andern Fällen beim Fallen dasjenige Phänomen, was aus der Theorie eben so sehr folgt, als für die praktische Anwendung von grofser Bedeutung ist, er gerieth nämlich durch den Widerstand der Luft in starke Schwankungen, wie sie bei einem fallenden Blatte zu seyn pflegen. Später wiederholte GARNERIN den Versuch öfter, und in London am 21sten Sept. 1802 schon zum fünften Male[2].

Beim Herabfallen vermittelst eines Fallschirmes mufs man die Schwere des Ganzen im Schwerpuncte vereinigt annehmen, den Widerstand der Luft kann man aber als gegen einen Punct gerichtet ansehen, welcher wenig *unter* dem Schwerpuncte des Fallschirms, und daher *über* dem Schwerpuncte der ganzen Masse liegt. Wenn nun der Schwerpunct sich nicht senkrecht unter dem Widerstandspuncte befindet, so wird letzterer über ersterem pendelartig oscilliren, und zwar so viel schneller, je kleiner der Abstand beider ist, und fielen beide zusammen, so könnte der Fallschirm ganz umschlagen. Es ist daher rathsam,

---

1 Ann. de Chim. XXXI. 269. G. XVI. 156.

2 S. G. XVI. 38.

Digitized by Google

die Last tiefer unter den Schwerpunct des Fallschirms anzubringen, und dem letzteren einen längeren Stiel zu geben, um das Oscilliren seines Widerstandspunctes um einen über dem Schwerpuncte liegenden Punct zu verhüten [1]. Die Schwankungen des Fallschirmes, womit sich Garnerin nach seinem Auffluge zu London am 21sten Sept. 1802 von einer unglaublichen Höhe herabliefs, machte nach Nicholson's [2] Berichte Schwankungen, deren jede ohngefähr 6″ dauerte, und so stark waren, dafs der Fallschirm sich halb schlofs, aber wieder ganz öffnete, wenn die Gondel lothrecht unter demselben hing. Der Fallschirm hatte 30 Fufs im Durchmesser, und seine Schwankungen wurden kleiner, als er der Erde näher kam. Dicht über dem Boden erhielt Garnerin einige heftige Stöfse, befand sich sehr unwohl, wurde aber bald wieder hergestellt [3].

Aufser dieser im Bau des Fallschirms und dem Widerstande der Luft gegen denselben liegenden Veranlassung zu Schwankungen, wird er in solche sicher auch durch das ungleiche Ausweichen der comprimirten Luft, durch die nicht völlig horizontal liegende Widerstandsfläche und durch die Luftbewegungen selbst versetzt, weil sonst die Gröfse derselben überhaupt und ihre Zunahme nicht füglich erklärbar wären.

Sucht man die Gröfse eines Fallschirms, welcher sich mit einer gegebenen Geschwindigkeit bewegen soll, so erhält man diese, wenn man berücksichtigt, dafs der Widerstand der Luft bei gleicher Geschwindigkeit der Bewegung der gegen die Luft bewegten Flächen proportional ist, und daher das gegebene Gewicht des Fallschirms und der daran hängenden Last dem Widerstande für die bestimmte Gaschwindigkeit gleichgesetzt werden mufs.

Unter dem Artikel: *Widerstand der Mittel* befindet sich die von Hutton berechnete Tafel des Widerstandes gegen eine Fläche von $\frac{2}{9}$ Quadrat F. für die verschiedenen Geschwindigkeiten in Unzen nach Lond. Mafs und Troygewicht, woraus die Gröfsen entlehnt werden können. Es soll z. B. ein Schirm gesucht werden, womit ein Mann von 150 ℔ Gewicht mit 10 F.

1 S. Gilbert XVI. 14. aus Décade philos. lit. et mor. An VI. No. 4. p. 237.

2 S. Nich. Journ. III. 143.

3 Hutton Dict. 44.

Geschwindigkeit herabfällt, oder mit einer solchen, welche er durch einen Sprung von 1,562 F. engl. Höhe erhält[1]. Die Tafel giebt für 10 F. Geschwindigkeit und $\frac{2}{9}$ Quad. F. Fläche 0,57 Unzen = 0,0475 ℔ Widerstand; mithin ist der Widerstand gegen einen Fallschirm vom Halbmesser $r = \frac{9}{2} \times 0{,}0475\, r^2 \pi$, und dieser muſs dem Gewichte des Fallschirmes und des Mannes gleich seyn. Um Ersteres zu bestimmen, sey das Gewicht einer Kreisfläche des Schirmes von 1 F. Rad. = 0,25 ℔. Indem dann die Gewichte sich verhalten wie die Flächen, d. i. wie die Quadrate der Halbmesser, so ist das Gewicht des Schirmes $= 0{,}25\, r^2$. Mithin

$$0{,}25\, r^2 + 150 = \frac{9}{2} \times 0{,}0475\, r^2 \pi$$

woraus $r = 18{,}864$ F. gefunden wird[2]. Wäre die Masse des Fallschirmes zu schwer, so würde r unmöglich werden. Wöge z. B. die Fläche von 1 F. Rad. 1 ℔, so wäre $r^2 + 150 = \frac{9}{2} \times 0{,}0475\, r^2 \pi$ woraus $r^2\,(1 - 0{,}67151) = -150$ unmöglich wird. Es läſst sich hiernach also gleichfalls berechnen, welches der gröſste Werth des Gewichtes einer Fläche von 1 F. Radius eines solchen Fallschirmes seyn kann, nämlich für 0,67151 ℔ würde der Radius des Schirmes unendlich werden, und der Quadratwurzel jedes kleineren Gewichtes proportional abnehmen. Auf allen Fall muſs also das Gewicht einer Fläche von 1 F. Rad. kleiner seyn als 0,67151 ℔, und der Fallschirm ist überhaupt um so viel besser, je leichter bei übrigens hinlänglicher Stärke die Substanz desselben ist. Das Gewicht der Stäbe und der Stange des Schirmes, welcher im Allgemeinen die Gestalt eines gewöhnlichen Schirmes haben kann, wird am bequemsten dem Gewichte des Mannes hinzuaddirt, und man kann leicht dafür Sorge tragen, daſs der Schwerpunct tief genug unter den Widerstandspunct zu liegen kommt. Uebrigens ist v in der Formel sehr geringe angenommen. Wenn man berücksichtigt, daſs ein Mensch ohne Furcht vor Verletzung von 4 engl. Fuſs Höhe, insbesondere auf nicht sehr harten Grund füglich herabspringen kann, so wird s = 4 F. und v = 16 F., wofür die Tabelle einen Widerstand = 1,538 Unzen = 0,128 ℔ giebt. Dieses in die obere Formel substituirt, giebt

---

1 Da die Geschwindigkeit $v = 2\sqrt{gs}$, so ist für $g = 16$ F. engl. und v = 10 F. s = 1,562 F. S. *Fall* No. 4.

2 Vergl. Hutton Tracts of math. and phil. subj. III. 316.

$$0{,}25\,r^2 + 150 = \tfrac{9}{2} \times 0{,}128\,r^2\pi$$

woraus $r = 9{,}807 \ldots$ also fast 10 F. gefunden wird. Würde der Halbmesser gröſser, so könnte das beschwerende Gewicht auch vermehrt werden.

Der Anblick eines Menschen, welcher sich aus einer groſsen Höhe mit dem Fallschirm herabläſst, ist im eigentlichen Sinne schauderhaft [1]. Im Anfange insbesondere ist der Fallschirm noch geschlossen, der Fall des Aëronauten daher ein beschleunigter, und sehr schnell. Erst durch den Widerstand der Luft wird der Fallschirm entfaltet, die Fallgeschwindigkeit hört auf eine beschleunigte zu seyn, indem sie vielmehr mit dem Widerstande der Luft ins Gleichgewicht kommt, und abnimmt, wenn die Dichtigkeit der Luft wächst. Es ist daher im Grunde gleichgültig, aus welcher Höhe der Aëronaut sich herabläſst, indem unter übrigens gleichen Bedingungen die Fallgeschwindigkeit, womit er auf der Oberfläche der Erde ankommt, bei den verschiedensten Fallhöhen dieselbe ist. *M.*

F a r b e.

Color; Couleur; *Colour.* Das Licht sowohl der selbstleuchtenden, als auch der erleuchteten Körper zeigt unserem Auge eine Verschiedenheit, die nicht von der Intensität desselben abhängt, sondern die uns als eine *Verschiedenheit der Art des Lichtes* erscheint. Diese Verschiedenheit, die keine weitere Beschreibung, keine Erklärung für den, der sie nicht durch den Anblick kennt, gestattet, ist es, was wir *Ungleichheit der Farbe* nennen.

Daſs die Farbe nicht bloſs in einem *verminderten Grade* des Lichtes ihren Ursprung habe, ist daraus klar, weil wir ein dunkles und helles Roth, das dennoch immer das Eigenthümliche des Roth zeigt, ein dunkles und helles Blau, das dennoch immer blau erscheint, anerkennen, und eben dadurch bekennen, daſs das Eigenthümliche des Eindrucks auf unser Gesicht, welches wie im Roth, Blau, u. s. w. finden, bei allen Graden der Lebhaftigkeit und des Glanzes dasselbe bleibe. Von Göthe hat ganz Recht, auf das Schattige (τὸ σκιερὸν) der Farbe aufmerksam

---

1 Am auffallendsten war Garnerin's eben erwähnter Versuch bei London.

zu machen[1]; denn Körper, die farbig erscheinen, geben ein minder lebhaftes Licht, als weiſse; aber gewiſs liegt nicht das Wesen der Farbenverschiedenheit hierin.

Verschiedene Meinungen über den Ursprung der Farben.

2. Fast alles, was über diesen Gegenstand gasagt ist, hat von Göthe gesammelt[2]; ich werde daraus nur Weniges hier ausheben.

Epikur sagte, die Farben wären nicht etwas dem Körper Eigenthümliches, daher man auch nicht sagen könne, daſs der Körper in der Finsterniſs Farbe habe[3].

Plato[4] nennt die Farbe eine Flamme, die von jedem Körper ausflieſst. — Das wäre also unsern Begriffen, die Farbe sey ein zurückgeworfenes Licht, ganz wohl entsprechend. — Aber freilich weichen die weitern Erklärungen des Sehens und der aus der Verbindung des Feuers mit der Augenfeuchte hervorgehenden Empfindung der Farbe, sehr von unsern Ansichten ab, und geben in keiner Hinsicht verständliche Aufschlüsse über die Entstehung der Farbe.

Aristoteles[5] scheint ziemlich deutlich die Farben alle als Mischungen aus Schwarz und Weiſs anzusehen. Weiſs und Schwarz setzt er, wie Licht und Finsterniſs, einander entgegen, und scheint also das Weiſs als der vollsten Erleuchtung entspre hend, Schwarz als ohne alles Licht anzusehen. Kleine Theilchen, die weiſs und schwarz neben einander liegen, könnten vereint weder weiſs noch schwarz erscheinen, müſsten also eine andere Farbe darbieten; aus den Verhältnissen der schwarzen und weiſsen Portionen entstehe dann eine mannigfaltige Verschiedenheit, und vielleicht gäben die Verhältnisse, die den Consonanzen in der Musik entsprechen, die angenehmsten Farben. Aber wie selbst dieser groſse Philosoph sich und den Leser in einem bloſsen Hin- und Herreden, wodurch man dem

---

1 Zur Farbenlehre, von Göthe. I. Th. S. 29.

2 Der ganze zweite Theil der Farbenlehre, auf den daher die folgenden Citate gehen.

3 S. 6.

4 S. 8. und Plutarch plac. philos. I. 15.

5 S. 19.

Digitized by Google

Verständnifs des Gegenstandes gar nicht näher kömmt, ermüdet, dafür dient folgende Stelle zum Beweise. „Wie die Farben aus der Mischung des Weifsen und Schwarzen entstehen, so auch die Geschmäcke aus der des Süfsen und Bittern. Die angenehmen Geschmäcke beruhen auf dem Zahlenverhältnifs. Der fette Geschmack gehört zu dem süfsen, der salzige und bittere sind beinahe eins. Der beifsende, herbe, zusammenziehende und saure fallen dazwischen. Schier wie die Arten des Geschmackes verhalten sich auch die Species der Farben. Denn beider sind sieben; wenn man das Dämmrige (*φαῖον*) zum Schwarzen rechnet. Daraus folgt, dafs das Gelbe zum Weifsen gehört, wie das Fette zum Süfsen; das Rothe, Violette, Grüne, Blaue liegen zwischen dem Schwarzen und Weifsen. Und wie das Schwarze eine Beraubung des Weifsen im Durchsichtigen ist, so ist des Salzige und Bittere eine Beraubung des Süfsen in dem nährenden Feuchten," u. s. w.

Von dem, was Theophrast über die Farben sagt[1], kann ich hier nur Weniges anführen. Es erhellet, dafs er das Schwarz als gar kein Licht zurückwerfend ansieht; dafs er Grau, als aus Schwarz und Weifs gemischt betrachtet; dafs er das Gelbroth als aus dem Lichte, wenn es durch reines Schwarz gemäfsiget ist, entstehend, annimmt; dafs er das Blau der Luft als da erscheinend angiebt, wo das Licht abnimmt und die Luft von der Finsternifs aufgefafst wird, u. s. w.

Unter den Schriftstellern, die nach den dunkeln Jahrhunderten des Mittelalters uns einige Belehrung darbieten, hebt v. Göthe, Roger Baco hervor, und sagt uns, was dieser *nach* seinen, in andern Schriften geäufserten Grundsätzen, unter Voraussetzung, dafs er das, worauf es ankomme, richtig erkannt habe, wohl hätte sagen können; denn wirklich gesagt hat er nicht viel über die Farben. Im sechzehnten Jahrhundert leitete Telesius die Farben aus den Principien der Wärme und Kälte ab[2]. Die übrigen von v. Göthe angeführten Schriftsteller bieten fast gar nichts Belehrendes in Beziehung auf unsern Gegenstand dar. Thylesius und Sim. Portius[3] erklären nur die Farbennamen, die bei den Alten vorkommen. Im siebzehn-

---

1 v. Göthe. S. 24.

2 v. Göthe. II. 217.

3 S. 173. 197.

Digitized by Google

ten Jahrhundert beschäftigten sich Mehrere mit den Farben. Kepler[1] sagt gelegentlich, die Farbe entstehe aus einer Schwächung des Lichts. In den farbigen Körpern ist das Licht eingeboren, es ist aber verborgen, so lange sie nicht von der Sonne erleuchtet werden. De Dominis nähert sich in seinen Ansichten sehr dem, was wir nachher als v. Göthe's eigene Ansicht erzählen werden. Aguilonius sieht die Farben als für sich müfsig und träge an; das Licht rege sie an, entreifse sie den Körpern und mache sie thätig: lumen est velut colorum forma. Die Farbenreihe giebt er so an, dafs Weifs, Gelb, Roth, Blau, Schwarz, auf einander folgen[2]. Cartesius[3] erklärt die Farben aus der Bewegung der Lichttheilchen. Das mittlere seiner Elemente besteht aus Lichtkügelchen, deren directe Bewegung mit einer gewissen Geschwindigkeit wirkt[4]. Bewegen sich die Kügelchen rotirend, aber nicht geschwinder, als der geradlinige Fortgang, so entsteht die Empfindung von Gelb, eine schnellere Drehung bringt Roth, eine langsamere Blau hervor. In Rücksicht des prismatischen Farbenbildes welches er schon kannte, gelangte er, (sagt v. Göthe) zu der Hauptansicht, dafs eine Beschränkung nöthig sey, um diese Farben hervorzubringen. (Dieses ist nämlich in v. Göthe's Theorie eine Hauptansicht, von der er glaubt, dafs sie von andern nicht genug beachtet sey.) Ath. Kircher[5]. Dafs seine Ansichten sehr den v. Göthe'schen entsprechen, zeigen schon folgende wenige Worte: Die Farbe, als Eigenschaft dunkler Körper ist ein beschattetes Licht, des Lichtes und Schattens ächte Ausgeburt. Indefs spricht seine Untersuchung über das Blau des Himmels dieses nicht so klar aus; man sieht nicht so eigentlich den Grund, warum die Natur, sich aufs weiseste berathend, gerade die blaue Farbe, die aus einer ungleichen Mischung von Licht und Finsternifs bestand, gewählt habe; denn der Grund, damit wir die Himmelsräume mit Vergnügen betrachten könnten, ist

---

1 S. 250.

2 Opticorum Libri 6. pag. 47. 40. v. Göthe. S. 255. 264.

3 S. 277.

4 Obgleich Cartesius eine unendlich schnelle Fortpflanzung des Lichts annahm, so redet er hier doch von ungleichen Geschwindigkeiten. Dioptr. p. 42.

5 S. 279. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Lib. I. Pars. 3. Cap. 1. 2. 3.

wenig gründlich, und da das Blau des Himmels doch auch sein Blendendes hat, nicht einmal wahr.

Marcus Marci, de la Chambre, Grimaldi und Isaac Vossius[1] neigen sich mehr zu der Ansicht hin, die wir bald als die Newton'sche vollständiger angeben werden. Der letztere sagt, dafs in dem reinen Lichte die Farben enthalten sind, dafs man dies an den Erscheinungen, die das durch eine Glaslinse in eine dunkle Kammer geworfene Licht darbietet, erkennen u. s. w. Aber er sagt freilich auch, „der Grundstoff der Farben schreibe sich von nichts anderem her, als von dem Schwefel, der jedem Körper beigemischt ist."

Funk[2] und Nuguet[3] dagegen stehen ganz auf v. Göthe's Seite. Aus Nuguet's System verdient Einiges erwähnt zu werden. Er findet im prismatischen Farbenbilde, dafs das Gelb mehr Licht und weniger Schatten enthält, als alle übrigen Farben, das Violett dagegen mehr Schatten als eine der andern. Wenn man dies so ausdrückt, die Erleuchtung sey am stärksten da, wo uns im prismatischen Bilde Gelb erscheint, am schwächsten da, wo das Violett liegt, so wird jeder darin leicht einstimmen. Nach seiner Ansicht, die sich besonders auf die farbigen Schatten stützt, sind alle Farben aus Gelb und Blau zusammengesetzt; das Grün ist eine Mischung aus beiden: das Roth ist Gelb mit Schatten gemischt; da aber Gelb und Blau selbst nur Mischungen von Licht und Schatten sind, so erhellet, dafs alle Farben diesen Ursprung haben.

3. Deutlicher als alle früheren Physiker sprach Newton seine Meinung über die Farben aus, und da der gröfste Theil dessen, was seine optischen Schriften enthalten, auf Versuche gestützt, nichts anders als reine Aussprüche der Erfahrung enthält, (wenige Umstände ausgenommen, wo er dem, was einzelne Versuche ergeben, zu grofse Allgemeinheit beilegte) so haben seine Ansichten den gröfsten Theil der Physiker für sich gewonnen.

Wenn die Sonne Gegenstände erleuchtet, so erscheinen uns diese freilich mit mannigfaltigen Farben ausgestattet; aber

---

1 S. 288. 295. 306.

2 Funccius de coloribus coeli, ein Buch, worin aber auch andere Farben als die des Himmels betrachtet werden.

3 v. Göthe. S. 331.

Digitized by Google

diese Erleuchtung scheint keine Farbe mehr als die andere zu begünstigen, und wir sind daher geneigt zu sagen, dafs wir jeden Gegenstand mit der Farbe sehen, die ihm eigenthümlich ist, und dafs das Licht der hoch über dem Horizonte stehenden Sonne farbenlos oder weifs ist. Diese Behauptung, die sich freilich auf das immer etwas trügliche Urtheil unsers Auges gründet, stützt sich auf die Vergleichung mit dem, was wir bei anderer Erleuchtung wahrnehmen. Die Oberfläche, welche im freien Sonnenlichte weifs erscheint, ist blau, wenn das auffallende Licht uns blau erscheint; in eben diesem blauen Lichte zeigen die Flächen, welche auch im Sonnenlichte blau erscheinen, diese Farbe erhöht, während rothe Flächen sich gleichfalls blau, aber minder schön darstellen, und so finden wir bei den Erleuchtungen, die wir eben aus dem Grunde farbig nennen, immer, dafs sie eine Farbe schöner zeigen und mehr heben, statt dafs andere entweder unscheinbar werden, oder die neue Farbe annehmen, die dieser besondern Art von Lichte angemessen ist. Die Oberflächen, die uns im Sonnenlichte im reinsten Weifs erscheinen, thun uns bei diesen Vergleichungen vorzüglich gute Dienste, und obgleich unser Auge nur dann ein genaues Urtheil über Gleichheit oder Ungleichheit der ihm erscheinenden Erleuchtung und Farbe geben kann, wenn die zu vergleichenden Gegenstände ihm zugleich vorliegen und mit *einem* Blicke übersehen werden, so sind doch die meisten der Erscheinungen, worauf es hier ankommt, auffallend genug, um immer als wahr erkannt zu werden. — Doch diese Bemerkungen gehören nicht zu den von Newton aufgestellten Behauptungen, die sich etwa so zusammen fassen lassen.

Die Sonnenstrahlen, obgleich sie uns ein weifses, farbenloses Licht darbieten, enthalten dennoch alle verschiedenen Farben in sich. Diese im weifsen Sonnenstrahle enthaltenen Farbenstrahlen werden uns sichtbar, wenn durch Brechung die Richtung des Strahles eine andere wird, indem dann, wegen der ungleichen Brechbarkeit der in jenem Strahle enthaltenen Farbenstrahlen, diese nun nicht mehr unter sich parallel fortgehen, sondern sich von einander trennen. Man beobachtet nämlich, dafs der durch ein Prisma gebrochene Strahl ein Bild, aus Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, die in dieser Ordnung auf einander folgen, zusammengesetzt, darstellt; diese Farben alle gehen also aus jenem weifsen Strahle hervor. Sie

Digitized by Google

zeigen sich aber auch ganz als aus Zerlegung des weifsen Strahles entstanden, indem zwar jeder dieser farbigen Strahlen besondere Eigenschaften zeigt; allemal aber wieder weifses Licht hervorgeht, wenn man jene so vereinigt, dafs sie alle wieder in paralleler Richtung fortgehen, oder in dem erleuchteten Puncte zusammen treffen. Diese im weifsen Strahle enthaltenen Farbenstrahlen werden nun nicht allein bei der Brechung im Prisma getrennt, sondern auch in unzähligen andern Fällen. Nur diejenigen Körper, welche uns weifs erscheinen, werfen alle Arten Licht gleich gut zurück, und bei ihrer Erleuchtung durch die Sonne erhalten wir daher von ihnen ein eben so gemischtes Licht, wie das Sonnenlicht ist, und dieses zurückgeworfene Licht läfst sich eben so, wie der Sonnenstrahl selbst, in Farbenstrahlen von ungleicher Brechbarkeit zerlegen. Körper, die uns schwarz erscheinen, werfen gar kein Licht zurück, oder nur diejenigen können eigentlich schwarz heifsen, die gar kein Licht zurückwerfen. Farbige Körper dagegen, wenn sie uns nämlich von dem weifsen Sonnenlichte erleuchtet als farbig erscheinen, zeigen die Farbe derjenigen Strahlen, die entweder einzig oder in vorherrschendem Mafse von ihnen zurückgeworfen werden. Die von ihnen zu uns gelangenden Strahlen haben eben die Brechbarkeit, wie die ihnen gleichfarbigen Strahlen im prismatischen Sonnenbilde; indefs ist kaum irgend ein Körper, der so im strengsten Sinne nur *eine* Farbe zurückwürfe, dafs nicht einiges fremdes Licht beigemischt sey; deshalb zeigen sich im blauen Lichte zwar selbst die Körper, die wir im weifsen Lichte roth sahen, blau, aber in einem weniger lebhaften Blau, weil sie sehr wenig geschickt sind, die blauen Strahlen zurückzuwerfen.

Einen vorzüglich wichtigen Theil der Untersuchungen Newton's macht also die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen farbigen Strahlen aus. Vermöge dieser ungleichen Brechbarkeit wird der Sonnenstrahl, dessen Theile vor der Brechung alle parallel fortgingen, in Farbenstrahlen zerlegt, die uns darum einzeln sichtbar werden, weil jeder bei der Brechung eine von der Richtung des andern verschiedene Richtung erlangt und daher abgesondert sichtbar wird. Darauf beruht die in die Länge ausgedehnte Form des prismatischen Sonnenbildes, welches als aus einer ganzen Folge farbiger, runder Sonnenbilder zusammengesetzt anzusehen ist. Jeder der so getrennten Farben-

strahlen zeigt bei einer neuen Brechung eben dieselbe Refrangibilität, der rothe nämlich, der bei der ersten Brechung am mindesten brechbar war, am wenigsten von seinem Wege abgelenkt wurde, zeigt sich auch jetzt in eben dem Grade brechbar, statt daſs der zuerst stark gebrochene blaue Strahl auch bei der zweiten Brechung stärker gebrochen wird. Auf eben dieser Eigenschaft beruht es aber auch, daſs die Strahlen wieder zu einer unter sich parallelen Richtung gelangen, wenn man sie eine zweite Brechung durch ein dem ersten genau gleiches Prisma leiden läſst, welches so gestellt ist, daſs beide zusammen ein Parallelepipedum bilden. Die dann nach der Brechung durch beide Prismen hervorgehenden Strahlen sind wieder weiſs, da die farbigen Strahlen so gemischt zum Auge gelangen, wie es im ursprünglichen Sonnenstrahle der Fall war.

Eben diese ungleiche Brechbarkeit findet man bei den von farbigen Körpern ausgehenden Farbenstrahlen. Bringt man eine roth bemalte und eine blau bemalte Fläche neben einander und besieht sie durch das Prisma, so findet man die Richtung, in welcher die blauen Strahlen zum Auge kommen, stärker von der ursprünglichen Richtung abweichend, als es bei den rothen der Fall ist. Diese Ungleichheit der Brechbarkeit zeigt sich in den Farbenrändern, die wir durch das Prisma an allen Flächen bemerken, die gemischtes, verschiedenfarbiges Licht zurückwerfen; solche Flächen erscheinen dagegen deutlich begrenzt, frei von diesem farbigen Rande, wenn sie mit einfarbigem Lichte erleuchtet werden.

Daſs die verschiedenen Farben in ihrer Zusammensetzung, oder indem sie gemischt auf das Auge wirken, und zwar in dem Verhältnisse gemischt, wie sie im Sonnenstrahle sind, die Empfindung des Weiſs hervorbringen, läſst sich auch durch eine Mischung farbiger Stoffe in einem, jenem Verhältniſs möglichst gemäſsen Verhältnisse genommen, zeigen. Eine solche Mischung nämlich erscheint in der Sonne zwar nicht völlig weiſs, weil alle Körper, und so auch diese Farbenstoffe, eine groſse Menge Licht verschlucken; aber sie zeigt sich so weiſs, als man in Beziehung auf diesen Lichtverlust nur immer erwarten kann.

Da ich die einzelnen Erscheinungen nachher noch genauer angeben muſs und dabei der Newton'schen Ansicht gröſstentheils folgen werde, so reicht hier diese kurze Andeutung hin.

Digitized by Google

4. Newton's Gegner, unter denen die meisten kaum verdienen genannt zu werden, zählt v. Göthe auf. Man sieht deutlich, daſs der geistreichere Theil der Physiker auf seine Seite trat; nur Lucas[1], dessen Hauptversuch ich im Art. *Brechbarkeit* No. 8. gründlich betrachtet zu haben glaube, setzte der Newton'schen Theorie etwas Gründliches entgegen, Mariotte[2] erkannte aufrichtig an, daſs sich manche Erscheinungen nach Newton richtig erklären lassen, und wenn er Einiges nicht vollkommen mit seiner Erfahrung übereinstimmend fand, so bedachte er wohl nicht, wie schwer es ist, jede Zumischung fremden Lichtes zu vermeiden; Rizzetti giebt (wie v. Göthe es ausdrückt) „ungeschickter Weise" zu viel von Newton's Behauptungen zu, obgleich er die Lehre von den trüben Mitteln zum Grunde seiner Farbentheorie machte. Die spätern Physiker erscheinen in v. Göthe's Darstellung als gläubige Nachbeter dessen, was Newton gelehrt hatte; richtiger sagt man wohl, daſs Newton's Ansicht sich bei wiederholter Betrachtung immer mehr bewährte, und daſs Voltaire Recht hatte zu sagen, die ganze Welt werde sich endlich unterwerfen und niemand den Triumph der Vernunft auf die Länge hindern. Chastel trat zwar als Gegner auf, aber v. Göthe selbst findet aus seinem Werke nur die Invectiven gegen Newton's Darstellung würdig, um mitgetheilt zu werden, da das Uebrige zur Förderung dieser Lehre wenig beigetragen habe. Fast eben dieses gilt von Gautier und den wenigen andern, die sich gegen Newton erklärten[3].

Als ein sehr bedeutender Gegner Newton's muſs zwar *L.* Euler erwähnt werden; aber nicht dagegen, ob aus dem weiſsen Lichte durch ungleiche Brechbarkeit die verschiedenfarbigen Strahlen hervorgingen, hat Euler Zweifel erhoben, sondern hierin ist er, der durch Newton's Autorität sich nie hat blenden lassen, völlig auf Newton's Seite. Was er *gegen* Newton bemerkte, bedarf nur die Behauptung, daſs diese ungleiche Brechung in verschiedenen Körpern so übereinstimmenden Verhältnissen folge, daſs kein Aufheben der Farben möglich sey, ohne die Brechung selbst aufzuheben. Newton hatte

1 v. Göthe. II. 435
2 S. 446.
3 S. 529. 543.

Digitized by Google

auf diese Meinung die Behauptung gegründet, daſs es unmög-
lich sey, dioptrische Fernröhre zu machen, die die Gegenständ
farbenlos zeigten; und auf Newton's Autorität gestützt, glaubt
Dollond zuerst Euler's Ansicht für unrichtig erklären zu dür-
fen. Aber sehr bald siegte die Wahrheit über Newton's Auto-
rität und bekanntlich wurde Dollond, der allerdings zuers
durch diese Autorität geblendet war, der berühmteste Verferti-
ger derjenigen Fernröhre, die er vorhin für unmöglich gehalte
hatte. Der ganze Streit gehört, da er nicht den Ursprung de
Farbenstrahlen aus dem weiſsen Strahle betrifft, nicht hierher
aber er zeigt, wie Unrecht v. Göthe hat, wenn er glaubt
Newton's groſse Autorität sey es, welche alle Physiker bewo-
gen habe, seine Irrthümer für Wahrheit anzusehen.

Aber dieser Sieg der Newton'schen Farbenlehre ist dennoc
aufs Neue zweifelhaft geworden durch den Beifall, welchen v
Göthe's Farbenlehre und die dieser beigefügten, hart tadeln-
den, Einwürfe gegen Newton in Deutschland gefunden haben
Diese Farbenlehre geht zwar von Phänomenen aus, die jede
mathematische Physiker nach Newton's Ansichten vollkomme
befriedigend meint erklären zu können; aber da v. Göthe dies
Erklärung nicht mit seinen Vorstellungen vereinigen konnte, s
übersieht man leicht, wie die Ueberzeugung in v. Göthe ent-
stehen mochte, Newton sey nur durch Eigensinn und durc
absichtliches Verhehlen dessen, was sich nicht mit seiner Theo-
rie vertrug, dazu gelangt, seiner Meinung einen Schein vo
Wahrheit zu geben, und seine Nachfolger hätten bloſs als Vor-
urtheilsvolle, durch Autorität geblendete Anhänger seine Ver-
theidigung übernommen.

5. Von Göthe erzählt selbst[1] seine ersten optischen Ver-
suche. Er betrachtete durch das Prisma die Wand eines völli
geweiſsten Zimmers und erwartete die ganze weiſse Wand nac
verschiedenen Stufen gefärbt zu sehen[2]; er war verwundert, si

1 Farbenlehre. II. 678.

2 Man kann sich hier der Frage nicht enthalten, wie soll
denn die Wand gefärbt seyn? — Sollte das eine Siebentel roth, d
zweite orange u. s. w. seyn? — Dann müſste sich aber ja die Au
dehnung des Roth ändern, wenn die Länge der Wand sich änder
Oder sollte die ganze Wand in bunte Streifen getheilt seyn, wo
jedes Violet sich wieder Roth anschlösse? — Aber wie breit soll
denn dieser Streifen seyn? — Es scheint, daſs v. Göthe sich ei

noch immer weiſs zu sehen, so daſs nur, wo ein dunkles daran stieſs, sich eine mehr oder weniger entschiedene Farbe zeigte; es bedurfte für ihn keiner langen Ueberlegung, um zu erkennen, daſs zum Entstehen dieser Farbe eine Grenze nothwendig sey; und so sprach er durch einen Instinct sogleich aus, daſs die Newton'sche Lehre falsch sey. Die beiden sich immer einander entgegengesetzten Ränder, das Uebereinandergreifen über einen hellen Streif und das dadurch entstehende Grün, wie die Entstehung des Rothen beim Uebereinandergreifen über einen dunkeln Streif; alles entwickelte sich vor ihm nach und nach. Der Gegensatz von warmen und kalten Farben der Maler zeigte sich hier in abgesonderten blauen und gelben Rändern. Das Blaue erschien gleichsam als Schleier des Schwarzen, so wie sich das Gelbe als ein Schleier des Weiſsen bewies. Das alles schloſs sich an dasjenige an, was die Kunst von Licht und Schatten lehrt u. s. w. — v. Göthe zog einen Physiker zu Rathe, der ihm sagte, alle diese Phänomene wären Newton und allen Physikern bekannt und längst erklärt; aber es gelang weder diesem, noch ist es später irgend jemand gelungen, dem berühmten Verf. der Farbenlehre klar zu machen, was man unter ungleicher Brechbarkeit verstehe, und warum man behaupte, das Violett werde stärker als das Gelb gebrochen. Die Newtonianer haben es sehr übel genommen, daſs v. Göthe sich darin nicht finden konnte; aber man hatte Unrecht, von einem groſsen Dichter, der die Farben mit dem Auge des Malers betrachtete, zu fordern, daſs er mit mathematischer Schärfe den Weg des Lichtstrahls verfolgen sollte.

„Ein entschiedenes Aperçü ist als eine inoculirte Krankheit anzusehen," sagt v. Göthe selbst, — „man wird sie nicht los!" — und so schritt also das Bestreben, Newton zu widerlegen und die neue Farbenlehre zu befestigen, fort. Die *Beiträge zur Optik* erregten wenig Aufmerksamkeit, und ich gehe daher gleich zu dem schon oft angeführten Hauptwerke: *Zur Farbenlehre*, — über, welches 1810 erschien. Ich theile den Inhalt etwas umständlich mit.

Um nicht dem Vorwurfe ausgesetzt zu seyn, als lieſse ich etwas fehlen, das vielleicht zu besserer Begründung nöthig wäre,

---

ganz klare und präcise Beantwortung der Frage, was nach Newton denn eigentlich erfolgen müsse, nie gegeben hat.

theile ich hier auch den Inhalt des ersten Abschnittes dieses Buches mit, obgleich „die physiologischen Farben“ nicht eigentlich zu dem hier zu betrachtenden Gegenstande gehören.

„Die Retina befindet sich, je nachdem Licht oder Finsternifs auf sie wirken, in entgegengesetzten Zuständen; im ganz finstern Raume wird uns ein Mangel empfindbar, dem Auge fehlt jene reizende Berührung mit der äufsern Welt; im starken Lichte wird das Auge geblendet, es ist überspannt, statt dafs es dort in der höchsten Abspannung von Empfänglichkeit war. Bei dem, was wir Sehen heifsen, befindet sich die Netzhaut zu gleicher Zeit in verschiedenen Zuständen; die höchste, nicht blendende Helle wirkt neben dem völlig Dunkeln, und zugleich werden wir alle Mittelstufen des Helldunkeln und alle Farbenbestimmungen gewahr. Schwarz und Weifs geben, gleichzeitig betrachtet, dem Auge neben einander die Zustände, die wir als nach einander durch Licht und Finsternifs bewirkt, angeben. Beide Zustände, zu welchen das Organ durch solche Bilder bestimmt wird, bestehen auf demselben örtlich, und dauern selbst nach Entfernung der äufsern Veranlassung noch eine Weile fort. Blicken wir von dem glänzenden Gegenstande auf eine graue Fläche, so sehen wir dort ein dunkles Bild, jenem glänzenden ähnlich, und die dunkle Umgebung jenes Glänzenden scheint uns hier eine hellere; es wird also eine Umkehrung des Zustandes bewirkt, die sich gut genug so erklären läfst, dafs der Ort der Retina, wohin das dunkle Bild fiel, als ausgeruhet anzusehen ist, weshalb die mäfsig erhellte Fläche, auf welche man nachher sein Auge richtet, lebhafter auf ihn, als auf den stärker in Thätigkeit gesetzten Theil wirkt. Aus denselben Gründen erscheint, wenn man eine vor grauem Grunde stehende weifse Fläche lange angesehen hat, nach dem Wegnehmen der weifsen Fläche der graue Grund an derselben Stelle dunkler.“

Eine Erscheinung, die mehr mit dem Hauptgegenstande, der uns hier beschäftigt, zusammenhängt, ist folgende. „Man lasse im dunkeln Zimmer das durch eine runde Oeffnung einfallende Sonnenlicht auf weifses Papier fallen, sehe diesen erleuchteten Kreis lange an, schliefse die Oeffnung und sehe nach einem ganz dunkeln Theile des Zimmers: so wird man eine runde Erscheinung vor sich schweben sehen, in der die Mitte des Kreises hell, farbenlos, einigermafsen gelb, der Rand aber purpurfarbig erscheint. Es dauert einige Zeit, bis diese Purpur-

Digitized by Google

farbe von aufsen herein den ganzen Kreis zudeckt und endlich den hellen Mittelpunct völlig vertreibt. Kaum aber erscheint das ganze Rund purpurfarbig, so fängt der Rand an blau zu werden, das Blaue nimmt immer mehr den mittlern Raum ein, bis das Purpur ganz verdrängt ist; ist dann die Erscheinung ganz blau, so entsteht ein dunkler und unfarbiger Rand, der endlich das nun immer kleiner werdende Bild ganz verdrängt. Haben wir dagegen den lebhaften Lichteindruck eines erleuchteten Kreises eben so aufgenommen und sehen nun im mäfsig erleuchteten Zimmer auf einen hellgrauen Gegenstand, so schwebt ein dunkles Phänomen vor uns, das sich nach und nach von aufsen mit einem grünen Rande einfafst, dieser verbreitet sich hineinwärts über das ganze Bild, und nun entsteht ein schmutzig gelber, von aufsen immer mehr die Scheibe ausfüllender Rand, und endlich wird auch dieses von einer Unfarbe verschlungen."

„Hat man farbige Flächen lange starr angesehen, so folgt ihm ein anders gefärbtes Bild, und zwar wenn man das durch jene Farbe angestrengte Auge auf weifsen Grund richtet, sieht man Violett statt einer gelben Fläche, Blau, wenn jene orange war, Purpur (volles schönes Roth) statt des Grünen, und so umgekehrt. Die genannten Farben fordern also wechselseitig eine die andre. Das Auge verlangt dabei Totalität und schliefst in sich den Farbenkreis ab; denn in dem vom Gelb geforderten Violett liegt Roth und Blau, in dem vom Roth geforderten Grün liegt Gelb und Blau u. s. f. Etwas diesem Gemäfses zeigen die farbigen Schatten. Läfst man die von zwei Lichtern geworfenen Schatten eines Gegenstandes auf eine weifse Fläche fallen, bewirkt aber, dafs durch vorgehaltenes farbiges Glas das eine Licht ein farbiges Licht auf die weifse Fläche werfe, so erscheint der von diesem Lichte erleuchtete Schatten eben so gefärbt, der andre Schatten aber zeigt die zugehörige geforderte Farbe."

„Und hier tritt nun eine wichtige Betrachtung ein[1], nämlich die Farbe selbst ist ein Schattiges (σκιερὸν) und wie sie mit dem Schatten verwandt ist, so verbindet sie sich auch gern mit ihm, sie erscheint gern in ihm und durch ihn, wo sich nur der Anlafs dazu darbietet. Das energische Licht erscheint rein weifs und diesen Eindruck macht es auch im höchsten Grade der

1 v. Göthe's Worte. I. S. 29.

Blendung; das schwächer wirkende Licht kann zwar auch farbenlos bleiben, aber es findet sich leicht eine Farbenerscheinung dabei ein. Die Retina kann durch ein starkes Licht so gereizt werden, dafs sie schwächere Lichter gar nicht erkennt; erkennt sie solche, so erscheinen sie farbig, und es sieht zum Beispiel ein Kerzenlicht bei Tage röthlich aus. Doch giebt es auch schwache blauliche Lichter. Wenn man nahe an eine weifse oder grauliche Wand Nachts ein Licht stellt, so wird sie von diesem Mittelpuncte aus ziemlich weit hin erleuchtet. Betrachtet man den daher entstehenden Kreis aus einiger Ferne, so erscheint uns der Rand der erleuchteten Fläche mit einem gelben, nach aufsen rothgelben, Kreise umgeben, und wir werden gewahr, dafs das geschwächte Licht uns den Eindruck des Gelben, Rothgelben, Rothen giebt."

6. Diesen Betrachtungen und Versuchen folgen nun die Untersuchungen über die physischen Farben, deren Inhalt folgender ist:

„Das höchst energische Licht, wie das der Sonne, des in Lebensluft brennenden Phosphors u. a. ist blendend und farbenlos; dieses Licht durch ein nur wenig trübes Mittel gesehen, erscheint gelb. Nimmt die Trübe eines solchen Mittels zu, oder wird seine Tiefe vermehrt, so sahen wir das Licht eine gelbrothe Farbe annehmen, die sich endlich zum Rubinrothen steigert. Wird hingegen durch ein trübes, von einem darauf fallenden Lichte erleuchtetes Mittel die Finsternifs gesehen, so erscheint uns eine blaue Farbe, welche immer heller und blässer wird, je mehr sich die Trübe des Mittels vermehrt, hingegen immer dunkler und satter, je durchsichtiger die Trübe werden mag, ja bei dem mindesten Grade der reinsten Trübe als das schönste Violett dem Auge sichtbar wird. Jenes so gemäfsigte Licht erscheint nicht blofs dem Auge gelbroth, sondern wirft auch auf die Gegenstände einen gelbrothen Schein, und der blaue Himmel macht dagegen in der Camera obscura ein blaues Bild. Hieraus erhellet, warum der Himmel und dunkle Berge blau erscheinen, und warum die Sonne am Horizonte roth erscheint."

[Gegenbemerkung. Es ist gewifs, dafs es manche trübe Mittel giebt, die uns jene Erscheinungen zeigen; aber dieses ist nicht die allgemeine Eigenschaft des Trüben, sondern die Erscheinung beruht darauf, dafs jene trüben Mittel die rothen und gelben Strahlen in gröfserer Menge durchlassen, die blauen

in gröfserer Menge zurückwerfen. Wäre es eine allgemeine Eigenschaft des Trüben, dafs es das geschwächte Licht roth zeigte, so müfste es kein Medium geben, welches das geschwächte Licht weifs zeigte; aber ein solches Medium haben wir an den wässerigen Dämpfen, an den Wolken und feuchten Nebeln. Wenn ein dicker, nasser Herbstnebel die Erde bedeckt, und nicht eher die Sonne zu sehen erlaubt, bis sie schon hoch über dem Horizonte steht, so erscheint uns die matt durch den Nebel blikkende Sonne silberweifs, obgleich ihr Licht so geschwächt ist, dafs sie das Auge gar nicht blendet. Eben so silberweifs erscheint sie uns, wenn sie durch Wolken scheint, während sie hoch über dem Horizonte steht. Und diese Erscheinung der Sonne durch feuchte Nebel und Wolken ist um so merkwürdiger, da auch der von der Sonne beschienene Nebel und die das Sonnenlicht zurückwerfende Wolken uns völlig weifs erscheinen. Wir haben hier also ein trübes Mittel, welches alle Arten von Farbenstrahlen, die im Sonnenlichte enthalten sind, gleich gut durchläfst, so dafs ihre Mischung uns, der Schwächung ungeachtet, immer noch ein reines Weifs zeigt, und welches alle Arten von Farbenstrahlen in gleichem Mafse zurückwirft, weshalb sie uns vom Sonnenlichte beschienen, (oder indem wir [mit Göthe zu reden,] durch sie die Finsternifs sehen,) als rein weifs erscheinen.

Andre trübe Mittel, z. B. die von wässerigen Dünsten freie Luft, der Rauch u. a. haben dagegen die Eigenschaft, zwar alle Farbenstrahlen in einigem Mafse, aber doch die gelben und rothen am reichlichsten durchzulassen, und dagegen die blauen Strahlen reichlicher als irgend eine andre Art von Strahlen zurückzuwerfen. Wie sich hieraus die Abendröthe und die Farbe der Luft bei der Dämmerung erklärt, habe ich in den Art. *Abendröthe* und *Dämmerung* gezeigt, wo ich auch bemerkt habe, dafs die Abendröthe, sofern ihr Roth auch da, wo das Auge in den finstern leeren Raum gerichtet ist, beobachtet wird, sich gar nicht nach v. Göthe erklären läfst.

Aber Göthe's eigne Worte deuten auf etwas hin, das, mehr ins Klare gesetzt, zu dieser eben entwickelten Ansicht führt. Wenn man die Finsternifs durch das trübe Mittel sieht, so fordert v. Göthe mit Recht, dafs dieses Mittel von einem darauf fallenden Lichte erleuchtet seyn soll. Erleuchtet aber zeigt sich uns ein Gegenstand nur dann, wenn er Licht zurückwirft,

Digitized by Google

und v. Göthe gesteht also selbst, dafs es hier das erleuchtete trübe Mittel ist, welche uns durch zurückgeworfene Strahlen sichtbar wird. Es fehlt also nichts, als dafs wir hinzufügen, dafs es durch zurückgeworfene *blaue* Lichtstrahlen uns als *blau* sichtbar wird.

Das hier Gesagte findet nun auch auf andere trübe Mittel z. B. weifses Glas, (Knochenglas) Anwendung. Dieses Glas wirft zwar viele Lichtstrahlen aller Art zurück, und erscheint uns deshalb als weifs; aber es erscheint uns als blaulich weifs, weil ein Uebermafs blauer Strahlen zurückgeworfen wird. Wegen der sehr vielen zurückgeworfenen Strahlen ist das durchgelassene Licht überhaupt sehr schwach, und da die wenigen durchgehenden Strahlen ihr Blau gänzlich verloren haben, so mufs jeder durch dieses Glas gesehene leuchtende Körper uns sehr rothgelb erscheinen, und es bliebe allenfalls nur noch die Frage übrig, ob nicht das Roth, welches uns durch dieses Glas gesehen die Sonne zeigt, nicht noch weniger Gelb enthält, als es nach dem Verluste der blauen Strahlen billig enthalten sollte.

Eine andere Betrachtung scheint mir ebenfalls anzudeuten, dafs das Blau nicht blofs eine getrübte Finsternifs ist. Es giebt nämlich Sterne mit blauem, ja nach Herschel, auch mit grünem und mit violettem Lichte. Haben die röthlichen Sterne ihr rothes Licht daher, weil es durch trübe Mittel zu uns kömmt, woher haben dann jene ihr blaues Licht? — Diese Frage scheint doch nur in dem Bekenntnifs, es gebe ein an sich rothes, es gebe ein an sich blaues Licht, ihre Beantwortung zu finden[1].]

v. Göthe bemerkt ferner: „Die blaue Erscheinung an dem untern Theile des Kerzenlichtes gehört auch hieher. Man sieht diese blaue Farbe nur vor einem dunkeln Hintergrunde, und wird nichts Blaues gewahr, wenn man die Flamme vor weifsem Grunde sieht. Es ist also der untere Theil der Flamme und so auch die Weingeistflamme als ein feiner Dunst anzusehen, der vor der dunkeln Fläche sichtbar wird."

[Gegenbemerkung. Die Weingeistflamme besitzt ein eigenthümlich blaues Licht. Woher käme es sonst, dafs da, wo im Dunkel die Erleuchtung allein von Weingeistflammen ausgeht,

---

1 Vergl. hiermit die Beob. in Tilloch und Taylers philos. Magaz. and Journal 1824. 208. 317.

alle Körper sich auf die bekannte auffallende Weise zeigen, ganz dem gemäfs, was eine Lichtmischung, in welcher Blau vorherrscht, bewirken mufs. Aber auch der von v. Göthe angeführte Versuch braucht nur etwas vollkommener angestellt zu werden, um ein Zeugnifs gegen ihn abzulegen. Es ist wahr, dafs eine Weingeistflamme von 1 Zoll Durchmesser sich nicht als Blau zeigt, wenn man sie vor einem sehr hellen Hintergrunde sieht; aber man begiefse auf einer Metallplatte einen schmalen, 12 Zoll langen Raum mit Weingeist, stelle am Tage ein vom blofsen Tageslichte erleuchtetes weifses Papier so auf, dafs das Auge über die ganze Länge jenes Streifes nach dem Papier hinsieht: dann sieht man, nachdem der Weingeist angezündet ist, das Papier allerdings blau, oder sieht es von einer blauen Flamme verdeckt. Ist das weifse Papier von der Sonne selbst erleuchtet, so sieht man wieder kein Blau; aber es erhellet nun leicht, dafs man nur eine 50 oder 100 Zoll lange Flamme anwenden dürfte, um auch hier das, in Vergleichung gegen den blendenden weifsen Glanz allzu schwache, blaue Licht gewahr zu werden.]

„Der Grund des Meeres erscheint den Tauchern purpurfarben, (tief roth), wobei das Meerwasser als trübes, tiefes Mittel wirkt.“

[Gegenbemerkung. Da das Meer an der Oberfläche grün erscheint, so erhellet, dafs das Meerwasser aufser den blauen Strahlen auch die grünen und viele gelbe zurückwirft; es bleiben also bei dieser Zerlegung in zurückgeworfenes und durchgelassenes Licht nur die tief rothen und vielleicht die orange und einige gelbe Strahlen übrig, welche durchgelassen werden und die Sonne dort unten als tief roth zeigen müssen. Es wäre zu wünschen, dafs ein Göthianer sich einmal in der Taucherglocke auf den Boden des Meeres begäbe und dort das prismatische Sonnenbild beobachtete: er würde ganz gewifs einen sehr schwachen, grünen, blauen, violetten Farbenrand sehen, das viel weniger lang ausgedehnte Farbenbild aber blofs tief roth mit einem nicht sehr leuchtenden orangefarbenem und gelben Rande erblicken, und so aus der Tiefe des Meeres die Ueberzeugung, dafs Newton's Theorie die richtige ist, mitbringen.]

v. Göthe glaubt in dem Bisherigen die Urphänomene, aus denen sich nun die Erklärung aller einzelnen Erscheinungen er-

Digitized by Google

gebe, dargestellt zu haben[1], und ich glaube daher die Darstellung hier abbrechen zu dürfen, indem ich mir vorbehalte, seine Ansichten über einzelne Erscheinungen nach und nach am gehörigen Orte zu erwähnen.

Von den zahlreichen Anhängern von Göthe's sage ich hier nichts, da sie schwerlich etwas anführen können, wodurch sie diese Lehre gründlicher befestigt hätten, einige Invectiven gegen Newton und die Newtonianer abgerechnet[2].

7. Die bisherigen Erörterungen betrafen nur die nächste Ursache der Farben-Entstehung. Wenn wir aber auch, wie der gröfste Theil der Physiker, diese darin finden, dafs die Lichtstrahlen alle Arten von Farbenstrahlen in sich enthalten, und dafs bei der Brechung diese getrennt und bei dem Auffallen auf Körper nur gewisse Strahlen zurückgeworfen werden, so drängt sich uns doch noch die weitere Untersuchung auf, worin denn nun im Wesen der Lichtstrahlen der Unterschied bestehe, der die Empfindung der Farbenverschiedenheit hervorbringt. Man hat mit Recht gesagt, die ungleiche Brechbarkeit sey doch nur eine Eigenschaft der Farbenstrahlen und nicht das Wesen der Farbe selbst.

Diese Frage scheint sich mit unsern jetzigen Kenntnissen noch gar nicht beantworten zu lassen, und, das Wenige, was man darüber zu sagen im Stande ist, kömmt ungefähr auf Folgendes zurück.

Nach der *Emanationstheorie*, welche Lichttheilchen annimmt, die von den Körpern ausgehen, müssen wir eine Verschiedenheit in der Natur dieser Lichttheilchen selbst zugestehen. Die Theilchen, welche den violetten Strahl bilden, müssen eine stärkere Verwandtschaft zu den Körpern haben, und mehr von ihnen angezogen werden; dadurch wird denn allerdings eine stärkere Brechung hervorgebracht. Diese Verwandtschaft der einzelnen Arten von Lichttheilchen ist bei jedem Körper anders, und obgleich die violetten Strahlen allemal mehr als die übrigen angezogen werden, so ist doch der Grad der Verschiedenheit der Anziehung für violette, grüne, rothe Strahlen keinesweges bei allen Körpern gleich. — Die ungleiche Zer-

1 S. 67.

2 Selbst was der verdienstvolle Seebeck in Schweigg. Journal. I 4. als Farbentheorie mittheilt, ist wenig belehrend.

Digitized by Google

streuung der Farben nöthiget uns, eine solche Verschiedenheit zuzugestehen.

Die in der Folge anzuführenden chemischen Wirkungen der Farbenstrahlen[1] stimmen mit der Behauptung, daſs die violetten Strahlen mehr von den Körpern angezogen werden, überein; denn diese sind es, welche die gröſsten chemischen Wirkungen hervorbringen. Was aber der Grund sey, warum verschiedene Körper die eine oder andere Art von Lichtstrahlen in gröſserer Menge zurückwerſen? — Worin die ungleiche Einwirkung auf unser Auge bestehe? — Diese und viele andere Fragen können wir noch nicht mit Gewiſsheit beantworten, da NEWTON's Ansicht, es hänge dieses von der Gröſse der Theilchen ab, doch nur hypothetisch ist.

Auch die Vertheidiger der *Undulationstheorie* sehen die ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen als einen Hauptumstand an, dessen Ursache nachgewiesen werden muſs. Da nach dieser Ansicht die Brechung auf einer verminderten Geschwindigkeit der Lichtwellen in dem dichtern Körper beruht, so müſste die Geschwindigkeit der violetten Strahlen am meisten vermindert werden. Dieses anzunehmen, hält EULER nicht der Natur der Sache angemessen, sondern glaubt, man müsse die Einwirkung der folgenden Lichtwellen auf die vorhergehenden in Betrachtung ziehen, und erhalte die Brechung da am stärksten, wo die Wellen am wenigsten häufig auf einander folgen, also die gröſsten Zwischenräume lassen. Hiernach hinge also die Empfindung der Farbe von der ungleichen Zahl der in gleicher Zeit das Auge treffenden Lichtwellen ab, und die rothe Farbe erschiene uns da, wo die zahlreichsten, in den kürzesten Zeiträumen einander folgenden Lichtwellen das Auge treffen; die violetten Strahlen entsprächen den breitesten Wellen. Diese ungleichen Wellen müſsten also durch entsprechende Ungleichheiten in den Vibrationen des leuchtenden Körpers zuerst erregt werden, und fänden dadurch in den von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen statt. Wenn diese Strahlen die Oberfläche der uns sichtbaren Körper berühren, so entsteht eine kleine Zusammendrückung der Theilchen, und nun theilt sich, bei durchsichtigen Körpern, diese den benachbarten Theilchen so mit, daſs die Lichtwellen durch den Körper ihren Fortgang finden;

1 S. unten No. 18.

bei undurchsichtigen dagegen wird dem umgebenden Aether durch diese getroffenen Theilchen eine neue vibrirende Bewegung eingedrückt, nach deren Verschiedenheit die uns erscheinende Farbe der Körper ungleich ist, die Farbe eines Körpers hängt also hiernach von der Elasticität ihrer kleinsten Theilchen und der Einwirkung ab, die sie auf den Aether äufsern[1]. Im Art. *Licht* wird die ganze Theorie noch näher betrachtet werden.

Das prismatische Farbenbild.

8. Wenn man durch eine kleine Oeffnung die Sonnenstrahlen in ein finsteres Zimmer fallen läfst, so bildet sich auf einer dem Lichtstrahle senkrecht gegenüber gestellten Ebene ein rundes Sonnenbild ohne Farben. Fängt man das Sonnenbild auf einer weifsen Ebene auf, so erscheint es weifs. Aber wenn man in diesen Sonnenstrahlen ein Prisma aufstellt, so dafs die Richtung der einfallenden Strahlen in einer gegen die Kanten des Prismas senkrecht gelegten Ebene des Querschnitts des Prismas liegt, so zeigen die so im Prisma gebrochenen Sonnenstrahlen ein farbiges Sonnenbild. Das sonst runde Sonnenbild erscheint in die Länge ausgedehnt, und ist am einen Ende roth, am andern violett gefärbt. Die Strahlen werden im Prisma gebrochen und jenes Farbenbild zeigt sich ganz, so wie es erscheinen müfste, wenn Strahlen von verschiedener Farbe, deren jeder eine etwas andere Brechbarkeit hätten, zugleich von der Sonne ausgingen. Wir wollen uns, als Hypothese einmal denken, die Sonne sende uns im einem Augenblick rothe, im andern grüne, im dritten violette Strahlen zu, und jede Art von Farbenstrahlen habe eine bestimmte Brechbarkeit, die aber bei den rothen Strahlen geringer als bei den grünen, bei den grünen geringer als bei den violetten sey: so würde sich uns das durch das Prisma dargestellte Sonnenbild nicht allein bald roth, bald grün, bald violett zeigen, sondern sich auch bald in Ff,
Fig. 13. bald in Hh, bald in Gg darstellen. Es würde nämlich der vom obern Sonnenrande der rothen Sonne kommende Strahl ABC nach CDF gebrochen, der vom untern Rande der rothen Sonne kommende Strahl aBc nach cdf gebrochen werden und so würde sich offenbar in Ff ein rothes Sonnenbild darstellen. Die

---

1 Euleri opuscula Tom. I. p. 169.

Digitized by Google

grüne Sonne würde ihre Strahlen eben so durch die Oeffnung B senden, aber da wir annehmen, die grünen Strahlen würden mehr gebrochen, so würde das durchs Prisma hervorgebrachte grüne Bild mehr von dem Orte K, wohin das ungebrochene Sonnenbild fiel, entfernt etwa in H h liegen; das Bild der violetten Sonne, noch weiter entfernt, nach G g fallen, und je nachdem bald die rothe, bald die grüne, bald die violette Sonne schiene, hätten wir diese ungleich gefärbten Sonnenbilder nach der Brechung auch in einer verschiedenen Lage.

Sendet die Sonne alle diese verschiedenfarbigen Strahlen zugleich aus, und sind der Farben noch mehrere, so müssen diese einzelnen Farbenbilder einander bedecken, und vereinigt ein langes Farbenbild F g darstellen, in welchem das am wenigsten brechbare Roth am einen Ende, das am meisten brechbare Violett am andern Ende am lebhaftesten hervortreten, in der Mitte aber ein Uebergang von einem Farbenbilde zum andern statt finden wird. Wir könnten aber jene Farbenbilder einzeln dargestellt erhalten, wenn wir in L verschiedene gefärbte Mittel aufstellten; wovon das eine nur die rothen, das andere nur die violetten Lichtstrahlen und so weiter, durchließsen, und da[1] v. Münchow den Versuch angestellt und wirklich solche getrennte Farbenbilder erhalten hat, so haben wir alles Recht zu behaupten, jene bloſs hypothetisch angenommene Voraussetzung zeige sich der Erfahrung so gemäſs, daſs wir uns zu dem Satze,

---

1 Astron. Zeitschr. von v. Lindenau und v. Bohnenberger II. 455. Die frühern Versuche von Hassenfratz (Ann. de Chimie LXVI. 314. LXVII. 5.) scheinen nicht so bekannt geworden zu seyn, als sie verdienten. Ich selbst habe diese Versuche so wiederholt, daſs ich bei L eine Röhre mit gefärbten Flüssigkeiten aufstellte. Der Lichtstrahl ging durch diese mit der Axe der Röhre parallel, und traf die beiden parallelen Glasplatten, welche die Grundflächen dieses Cylinders bildeten, senkrecht. Indem er so zu dem Prisma gelangte und auf die gewöhnliche Weise gebrochen wurde, stellte sich im recht finstern Zimmer das zwar geschwächte, aber doch deutliche Sonnenbild so dar, daſs, wenn die Flüssigkeit verdünnte Lakmustinctur war, das tief rothe Bild rund und mit Dunkel von allen Seiten umgeben erschien; etwas davon abstehend zeigte sich ein verlängertes blaues und violettes Bild; die orangenfarbenen und gelben Strahlen aber waren ganz unterdrückt, so daſs an der Stelle des Farbenbildes die sonst die hellste ist, gar nichts zu sehen war; vom Grün zeigte sich kaum ein matter Ueberrest an dem blauen und violetten Bilde.

Digitized by Google

die Sonne sende uns wirklich solche verschiedenfarbige Strahlen zu, hingeleitet finden[1].

Diese einzelnen farbigen, runden Sonnenbilder deutlich zu sehen, hat HERSCHEL noch ein anderes Mittel angegeben[2]. Wenn man das durch das Prisma auf die gewöhnliche Weise dargestellte, auf weifsem Papier aufgefangene Sonnenbild durch ein rothes Purpurglas, woran noch ein ziemlich rein rothes Glas gelegt ist, besieht, so erscheint jenes Farbenbild völlig kreisförmig, wohlbegrenzt und tief roth. Das aus jenen zwei Glasarten zusammengesetzte Glas läfst nämlich nur die am allerwenigsten brechbaren rothen und keine anderen Strahlen durch, und für das Auge, welches durch dieses Glas sieht, ist es eben so gut als ob die übrigen gar nicht da wären; dieses Auge erkennt also das rein rothe Sonnenbild und sieht es rund, so wie es sich bei Strahlen von gleicher Brechbarkeit immer zeigen mufs.

Wir sind also wohl berechtigt zu sagen, die Farbenstrahlen entstehen aus den weifsen Sonnenstrahlen wirklich so, dafs wir diese weifsen Strahlen als aus jenen gemischt ansehen dürfen. Das in die Länge ausgedehnte Sonnenbild besteht aus einer Reihe runder Farbenbilder, die wegen ihrer ungleichen Brechbarkeit jedes auf einen andern Platz fallen, aber, nahe an einander gereiht, sich einander bedecken und daher alle Uebergänge von einer Farbe in die andere darstellen. Die sich hier zeigenden Farben sind ein *tiefes Roth* an dem Ende des Farbenbildes, wo die am wenigsten gebrochenen Strahlen hinfallen; *Orange* schliefst sich daran an und bildet den Uebergang zum Gelb; an das *Gelb* schliefst sich *Grün* und dann ein lebhaftes *Blau*, das weiterhin dunkler wird und endlich in Violett übergeht. *Violett* ist die am meisten gebrochene Farbe.

Fig. 14.

Aber nicht blofs entstehen diese Farbenstrahlen aus dem

1 Diese völlig von einander getrennten Bilder sind also keine Mährchen, wie GÖTHE II. 504. meint.

2 Philos. Transact. of the Edinb. Soc. IX, 445. Auch diesen Versuch findet man bestätigt, wenn man das Sonnenbild wie gewöhnlich auffängt; es dann aber durch jene mit Lakmustinctur gefüllte Röhre besieht; auch da erscheint das rothe Bild ganz rein und rund. Dieser Versuch gelingt selbst, wenn die Verfinsterung des Zimmers nicht sehr sorgfältig zu Stande gebracht ist, statt dafs der in der vorigen Anmerkung erwähnte, ein recht gut verfinstertes Zimmer fordert.

Digitized by Google

weiſsen Strahle, sondern ihre Mischung bildet auch wieder weiſs, und aus diesem Grunde zeigt sich auch unter gewissen Umständen ein Theil des durch ein Prisma hervorgebrachten Sonnenbildes weiſs. Wenn nämlich AC der vom obern Sonnenrande, ac der vom untern ausgehende, durch die Oeffnung *B* einfallende Strahl ist, so hat man bei g den rein violetten, bei F den rein rothen Rand des auf einer weiſsen Tafel NM aufgefangenen Sonnenbildes. Fiele bloſs ein einziger, aus allen Farben gemischter Strahl ac ein, so würde dessen grüner Theil nach h, sein rother Theil nach f gelangen; aber ganz gewiſs gelangt auch zu dem zwischen C und c liegenden Puncte u ein Lichtstrahl von einem etwas vom untern Sonnenrande entfernten Puncte, der seinen violetten Theil nach h wirft und also dort das *Grün* mit *Violett* mischt, und eben so gelangt nach einem andern Puncte v ein Sonnenstrahl, der sein *Violett* nach f wirft, wo es mit dem *Roth* des in c auffallenden Strahles und mit dem *Grün* des in u auffallenden Strahles gemischt wird; wegen dieser Mischung aller Arten von Farbenstrahlen sieht unser Auge die Fläche in f weiſs, weil eine Erleuchtung durch alle Arten von Farbenstrahlen im bestimmten Verhältniſs uns die Empfindung des Weiſsen giebt. Eben diese Betrachtungen finden bei allen gegen die Mitte des auf NM aufgefangenen Sonnenbildes statt. Nur gegen die Grenze g hin treten *Blau* und *Violett*, gegen die Grenze F hin *Orange* und *Roth* als Farbenränder hervor, während in der Mitte das Sonnenbild weiſs ist. Entfernt man die Tafel MN weiter vom Prisma, so wird, wie die Figur zeigt, das Farbenbild eines nicht gröſser, als die Sonne, erscheinenden Gegenstandes immer deutlicher hervortreten. In F′ g′ z. B. mischt sich, wenn der gezeichnete mittlere Strahl den grünen bedeutet, in den ganzen Theil F′ f′ noch gar kein grünes oder blaues Licht, und an dem Roth wird sich deutlicher als in MN das Orange und Gelb zeigen; eben so wird von g′ bis G′ das Violett und Blau durch mindere Mischung mit Grün oder Gelb, reiner erscheinen; zwischen G′ und H′ sind Violett und Blau mit etwas Grün, zwischen f′ und H′ sind Roth, Gelb mit Grün gemischt; aber zwischen f′ und G′ tritt ein Grün hervor, das nur mit Blau von der einen Seite, mit Gelb von der andern Seite gemischt, aber von Violett und Roth ganz frei ist.

Fig. 13.

9. Um zu sehen, wie diese Lage der einzelnen Farbenbil-

Digitized by Google

der genau bestimmbar ist, will ich die Richtung der durch den Mittelpunct der Oeffnung B gehenden Strahlen nach der Brechung berechnen.

Es sey $ACX = \varphi$, $ABa = \alpha$, $aoX = \varphi + \alpha$; die Entfernung $BC = a$, so ist $Cc = \frac{a . \text{Sin.} \alpha}{\text{Sin.} (\varphi + \alpha)}$ zugleich bekannt.

Das Verhältnifs der Sinus bei der Brechung sey wie $1 : \frac{m}{n}$, und

$CY = b$, so ist $\text{Cos.} DCY = \frac{m}{n} \text{Cos.} \varphi$,

und $DY = \frac{b . \text{Sin.} DCY}{\text{Sin.} (DCY + CYD)}$, woraus dann auch FDY leicht gefunden wird.

Um ein wirkliches Beispiel zu berechnen, sey $Bu = 4$ Zoll $uY = 1$ Zoll, der Winkel $Y = 60$ Grade. Ich will annehmen, das Prisma sey so gestellt, dafs der in Bu enthaltene grüne Strahl im Innern des Prismas die Winkel $duY = udY = 60°$ bilde. Ich will Bu als vom Mittelpuncte der Sonne herkommend annehmen, so dafs der vom untern Sonnenrande herkommende Sonnenstrahl ac mit ihm einen Winkel $uBc = 16$ Minuten macht. Die Brechungsverhältnisse nehme ich so an, wie sie nach Fraunhofer[1] mitgetheilt sind, für Roth = 1,63074, Grün = 1,64349, Violett = 1,65203. Dann ist erstlich für den grünen vom Mittelpuncte der Sonne ausgehende Strahl

$duY = 60°$; $XuB = 34° \ 44' \ 23'' = \varphi$,
$udY = 60°$; $ZdW = 34° \ 44' \ 23''$

Für den grünen, vom untern Rande ausgehenden Strahl ist

$Xca = 35° \ 0' \ 23''$
$d'cY = 60° \ 6' \ 26''$
$Yd'c = 59° \ 53' \ 34''$
$Zd'h' = 34° \ 28' \ 16''$.

Die beiden grünen Strahlen divergiren fast ganz genau eben so, wie sie es vor der Brechung thaten. Es läfst sich leicht übersehen, dafs dieses auch auf einen dritten grünen Strahl anwendbar sey, der vom obern Sonnenrande ausginge. Hierauf gründet sich die fast ganz genaue Kreisform eines reinen einfarbigen Bildes.

1 S. Art. *Brechbarkeit;* am Ende.

Digitized by Google

Zweitens. Aber nun enthält der Strahl B u, für welchen der Winkel B u X = 34°. 44′. 23″ ist, auch violettes Licht, welches, stärker gebrochen, ein wenig von der Richtung des grünen Strahls abweicht; für dieses ist

Y u d = 60° 10′ 14″
Y d u = 59° 49′ 46″
Z d W = 33° 52′ 26″

Dieser violette Strahl macht also mit dem vorhin mit ihm verbundenen grünen Strahle einen Winkel von 52 Minuten; aber auch mit dem vom untern Sonnenrande herkommenden grünen Strahle einen Winkel von 36 Minuten, so daſs er diesen letztern irgend wo schneiden wird.

Ich will noch die Berechnung für einen vom obern Sonnenrande herkommenden violetten Strahl hinzufügen, für welchen der Winkel

B C X = 34° 28′ 23″ würde, also
e C Y = 60° 3′ 54″
Y e C = 59° 56′ 6″
Z e G = 34° 8′ 30″

Der vom obern Rande kommende violette Strahl schneidet also den aus der Mitte der Sonne kommenden grünen Strahl unter einen Winkel von 36 Minuten.

Drittens. Der vom untern Sonnenrande ausgehende Sonnenstrahl enthält zwar auch einen violetten Antheil; aber ich will hier nur den rothen betrachten, weil dieser sich zu einer Vermischung mit dem Strahle C D H hin neigt. Für diesen einfallenden Strahl a c war a c X = 35° 0′ 23″

und es ist also Y c d = 59 50 56
Y d c = 60 9 4
Z d f = 35 44 36

so daſs der rothe Strahl mit dem ihm vorhin verbundenen grünen einen Winkel von 76 Minuten und selbst mit dem von der Mitte der Sonne kommendem grünen Strahle einen Winkel von 60 Minuten macht.

Um nun zu sehen, wie die Farbenmischung in einiger Entfernung vom Prisma seyn wird, sey Y u = 1, u B = 4. Da c C B = 34° 44′ 23″ und C B u = 0° 16′ war, so ist u C { = 0,03245; Y c = 1,03245 für den vom untern Rande / = 0,03289; Y C = 0,96710 für den vom obern Rande kommenden Strahl. d Y für den grünen Strahl = 1; dagegen Y e für

den violetten vom obern Sonnenrande herkommenden Strahl = 0,96838. Yd für den rothen vom untern Sonnenrande herkommenden Strahl = 1,02927. Zwischen dem grünen aus dem Mittelpuncte der Sonne kommenden Strahle und dem violetten vom obern Rande kommenden ist also auf der Hinterfläche des Prismas ein Abstand 0,03162; und von eben jenem grünen bis zu dem rothen, vom untern Rande kommenden, ein Abstand = 0,02927. Daraus ergiebt sich leicht, dafs jener violette mit dem grünen aus dem Mittelpuncte in der Entfernung = 1,70, dieser rothe mit dem grünen aus dem Mittelpuncte in der Entfernung = 0,98 sich durchschneidet.

Bis zu der Entfernung = 1 kommen also für die hier vorausgesetzten Abmessungen in der Mitte des Bildes noch Strahlen von allen Farben vor, die hier dem Lichtstrahle dargebotene weifse Fläche wird also noch von allen Farben erleuchtet und erscheint daher, da wo die grünen Strahlen aus der Mitte der Sonne hinfallen, weifs. In gröfserer Entfernung findet eine so aus allen Farben zusammengesetzte Mischung der Strahlen nicht mehr statt, aber immer wird noch das grüne Sonnenbild an seiner einen Seite durch blaue, an seiner andern Seite durch gelbe Strahlen etwas von seiner Reinheit verliereu.

Es sey in einer Entfernung YS = a eine Ebene ST unter dem Winkel von 55° 16′ = YST gegen die Seite des Prismas geneigt gelegt, so fängt diese die gebrochenen Strahlen ziemlich senkrecht auf, und auf ihr ist der Abstand der einzelnen Strahlen von S durch folgende Zahlen ausgedrückt:

Es sey für den aus der Mitte der Sonne kommenden grünen Strahl dS = 20 in Vergleichung gegen Yu = 1, uB = 4; so ist der von S an gerechnete Abstand bis zu dem Puncte, wo

1. der grüne Strahl aus der Mitte der Sonne eintrifft = 11,397.

2. Wo der grüne Strahl vom obern Rande eintrifft = 11,492.

3. Wo der grüne Strahl vom untern Rande der Sonne eintrifft = 11,302.

4. Wo der violette Strahl vom obern Rande eintrifft = 11,244.

5. Wo der rothe Strahl vom untern Rande eintrifft = 11,684.

6. Wo der violette Strahl vom untern Rande eintrifft = 11,053.

Digitized by Google

7. Wo der rothe Strahl vom obern Rande eintrifft = 11.873.

Die Breite des Farbenbildes an dieser Stelle wäre also dem Durchmesser des grünen Sonnenbildes gleich = 0,19. Die ganze Länge = 11,873 — 11,053
= 0,82, viermal so grofs, und man hätte von der

Mitte des Grün	bis Ende des Grün	0,095
	bis zum nächsten Violett	0,153
	bis zum entferntesten Violett	0,344.
	bis zum nächsten Roth	0,287
	bis zum entferntesten Roth	0,476.

Das Grün nimmt, wie auch aus Fraunhofer's Angaben unmittelbar erhellet, nicht die Mitte des Farbenbildes ein, und die Lage der drei berechneten Bilder würde so seyn, wie die Zeichnung sie angiebt. Fig. 15. Diese Bestimmungen bedürfen noch einer Verbesserung, weil die Oeffnung B, wodurch das Licht eingelassen wird, doch nicht ein mathematischer Punct seyn kann. Wegen dieses Umstandes ist auch dasjenige Sonnenbild, das wir ungebrochen auf einer weifsen Tafel auffangen, mit einem Halbschatten umgeben und aus demselben Grunde erscheint das Farbenbild nicht so scharf begrenzt, als es bei einem durch die äufserst enge Oeffnung eindringenden Lichtstrahle der Fall seyn sollte. Diesem Umstande wird abgeholfen, wenn man ein convexes Glas vor die Oeffnung stellt; dadurch nämlich wird bewirkt, dafs die von einem einzigen Puncte der Sonne ausgehenden Strahlen, obgleich sie durch verschiedene Puncte der Oeffnung gehen, in einem einzigen Puncte vereinigt werden, und wenn sie nicht durch das Prisma gingen und an dem richtigen Orte aufgefangen würden, ein ganz reines Sonnenbild, ohne Halbschatten und unabhängig von der Gröfse der Oeffnung, darstellen würden. Die vorigen Betrachtungen aber zeigen wohl, dafs auch die Brechung im Prisma das runde Sonnenbild rund geben würde, wenn das Sonnenlicht nur eine Farbe, nur Strahlen von gleicher Brechbarkeit enthielte, und es läfst sich daher leicht der Beweis führen, dafs das reine Sonnenbild nun auch ein von Halbschatten freies rothes Bild nach der Brechung durch das Prisma geben würde, wenn die Sonne uns nur rothe Strahlen zusendete, und, kurz, dafs wir das prismatische Bild ganz so, wie es einer sehr kleinen Oeffnung entspräche, sehen werden, wenn wir uns des Convexglases bedienen, und das Bild

an dem der Sammlung der Strahlen entsprechenden Puncte hinter dem Prisma auffangen[1].

10. Die eben geführte Berechnung zeigt, daſs der Durchmesser jedes Sonnenbildes von der Gröſse ihres scheinbaren Durchmessers abhängt; die Entfernung der Mittelpuncte des rothen und violetten Bildes aber durch die ungleiche Brechung dieser verschiedenfarbigen Strahlen bestimmt wird. Es werden daher die in Fig. 14. dargestellten Sonnenbilder weniger in einander greifen, die Farben werden reiner von einander getrennt erscheinen, wenn man ein Bild von kleinerem Halbmesser sich verschafft.

Fig. 16. Es sey B eine Oeffnung von einer Linie Durchmesser, durch welche die Sonnenstrahlen einfallen; man stellte dem durch sie einfallenden Sonnenstrahle in 40 Zoll = 480 Lin. Entfernung eine andere kleine Oeffnung C gegenüber, so kann nicht mehr die ganze Sonne ihre Strahlen auf C werfen, sondern der Sehewinkel, unter welchem von C aus die Oeffnung B erscheint, wird nur etwas über 7 Minuten betragen, und bei der vorigen Stellung des Prismas gegen die Oeffnung C würde das Sonnenbild nun wie in Fig. 17. erscheinen, wo ef das rothe, cd das grüne, ab das violette Bild darstellt, die also weit besser unvermischt erscheinen. Fig. 17.

Erst wenn man die Strahlen so von einander getrennt hat, kann man genaue Versuche über das homogene einfarbige Licht anstellen, z. B. die bestimmte Brechbarkeit jedes einzelnen Farbenstrahls angeben; und selbst dann können die Versuche nur da glücken, wo alles fremde Licht ausgeschlossen ist.

11. Daſs man durch die Mischung aller Strahlen wieder Weiſs erhält, läſst sich aus dem Vorigen übersehen, indeſs ist folgender Versuch Newton's zu wichtig, um hier übergangen zu werden[2]. Man lasse das durch das Prisma in Farbenstrahlen zerlegte Licht auf ein hinlänglich groſses convexes Linsenglas fallen, damit dieses divergirende Licht in einer gewissen Entfernung hinter dem Glase in ein Bild gesammelt werde. Hält man dann ein weiſses Papier zwischen dem Glase und dem Puncte, wo das Bild sich deutlich zeigt, so sieht man noch die

1 Newtoni Optice p. 55.

2 Ibid. p. 112.

Digitized by Google

einzelnen Farben, nähert man es dem Vereinigungspuncte, so rücken die Farben näher an einander, und im Vereinigungspuncte sind sie völlig vermischt und zeigen ein ganz reines Weiſs, ein rundes, weiſses Sonnenbild. Jenseits des Vereinigungspunctes trennen sich die Farbenstrahlen wieder und erscheinen in umgekehrter Ordnung, so daſs das vorhin am untern Rande erscheinende Roth nun am obern Rande liegt u. s. w.

Wenn man das weiſse Papier in jenem Vereinigungspuncte aufstellt; aber einige Farbenstrahlen hindert, auf das Glas zu fallen, so erhält man nicht mehr ein weiſses Sonnenbild, sondern ein so gefärbtes Bild, wie es die Mischung der noch übrigen Farben fordert, nämlich orangefarben, wenn man die violetten, grünen und blauen Strahlen ausschlieſst, und so in allen andern Fällen.

12. Diese Behauptungen sind es, gegen welche v. Göthe mit einer auffallenden Bitterkeit in seiner Farbenlehre kämpft. Die dortigen Einwürfe einzeln zu beleuchten, ist aber unnöthig, da die Newton'sche Theorie sich durch ihre Anwendung überall rechtfertigt und nur da, wo die Thätigkeit unsers Auges einwirkt, Einiges übrig bleibt, wovon sich nicht genau Rechenschaft geben läſst.

Man hat seit langer Zeit denen, die das Copernicanische Weltsystem und die Newton'schen Attractionsgesetze nicht als richtig anerkennen wollen, nichts anders entgegen zu setzen nöthig gefunden, als daſs alle Erscheinungen am Himmel sich nach diesem Systeme und nach diesen Attractionsgesetzen voraus berechnen lassen, und daſs man nur denen Gehör zu geben brauche, die entweder in diesen Rechnungen Fehler und in ihren Resultaten Abweichungen von der Erfahrung nachweisen, oder eine neue Theorie, eben so geeignet zur pünctlichen Vorausberechnung, und eben so vollkommen mit den Erscheinungen zusammenstimmend aufstellen. Eben so, glaube ich, kann man sagen: da die Lehre, daſs die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen aus dem weiſsen Lichtstrahle entstehen und ungleiche Brechbarkeit besitzen, zur Berechnung der Fernröhre mit so entschiedenem Glücke angewandt ist, da Dollond und Fraunhofer, unstreitig die gröſsten Künstler, die man in Beziehung auf diesen Gegenstand nennen kann, in ihr die Grundlage der Kunst, farbenlose Bilder in den Fernröhren zu erhalten, fanden, und sich ihrer zu genauen rechnenden Bestimmungen bedient

Digitized by Google

haben, die mit der Erfahrung in vollkommener Uebereinstimmung sind: so hat man nur nöthig, diejenigen Einwürfe zu berücksichtigen, die in diesen Rechnungen Fehler aufdecken, und nur diejenigen neuen Theorien können hoffen, einst die Stelle der Newton'schen einzunehmen, die eben so die Grundlage zur Berechnung achromatischer Fernröhre abgeben können. von Göthe's Theorie wird auf diesen Ruhm, dafs man mit ihrer Hülfe achromatische Fernröhre berechnen könne, gewifs nie Anspruch machen, da sie nichts enthält, was je zu rechnenden, genauen Bestimmungen führen könnte, sondern sich mit Ausdrücken begnügt, die einem mathematischen Physiker immer als höchst unbefriedigend erscheinen müssen. Ich werde dies jetzt umständlicher zeigen. v. Göthe's Worte machen hier den Text, die in Klammern eingeschlossenen Bemerkungen den Commentar oder die Noten aus.

„Gegenstände durch mehr oder minder dichte Mittel gesehen, erscheinen uns nicht an der Stelle, an der sie sich nach den Regeln der Perspective befinden sollten. Wir können dies so ausdrücken, dafs der Bezug der Gegenstände verändert, verrückt werde; es zeigt sich eine Verrückung des Gesehenen. Diese Verrückung bleibt uns unkenntlich, so lange keine Grenze des Gesehenen ins Auge gefafst wird, und deshalb halten wir uns vorzüglich an die Verrückung des begrenzt Gesehenen, oder an die Verrückung des Bildes. Die Refraction kann ihre Wirkung äufsern, ohne dafs man eine Farbenerscheinung gewahr werde. So sehr auch das unbegrenzt Gesehene, eine farbenlose oder einfach gefärbte Fläche, verrückt werde, so zeigt sich keine Farbe."

[Da v. Göthe dieses als einen Einwurf gegen die Newton'sche Theorie betrachtet, so mufs ich wohl einige Worte über diesen Gegenstand sagen. Wenn ich eine völlig weifse Wand durch das Prisma ansehe, so erscheint sie allerdings weifs, und dies aus Gründen, die eben nicht so schwer verständlich scheinen. Es sey a ein Punct der Fläche, der sich übrigens durch nichts von dem neben ihm liegenden b, oder vielmehr von allen denen, die um und neben ihm liegen, auszeichnet, indem sie alle als weifs vorausgesetzt werden, und hier von keiner Grenze die Rede seyn soll. Da a weifses Licht auf das Prisma sendet, so wird dieses in seine Farbenstrahlen zerlegt, und d e sey der äufserste violette, d g der äufserst rothe Strahl. In e f

Fig. 18.

befinde sich die Oeffnung des Auges, welches also von a den violetten Strahl empfängt. Es sey ferner b ein anderer Punct der Fläche, gerade so liegend, daſs ein von ihm auf das Prisma fallender Strahl so gebrochen werde, daſs er seinen äuſsersten rothen Theil parallel mit de, in if auf das Auge sende; dann läſst sich doch wohl leicht einsehen, daſs zwischen a und b eine Reihe von Puncten liegt, die alle Arten von Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, (der eine den orangefarbenen, der andere den gelben, der dritte den grünen Strahl uud so alle zwischenliegenden) zwischen de, if, und parallell mit ihnen, dem Auge zusenden. Das Auge empfängt also in der Richtung de ein aus allen Farben gemischtes, also weiſses Licht, und da es wegen der vorausgesetzten vollkommenen Gleichheit aller Puncte gar nicht erkennt, welchen Antheil jeder der Puncte an dieser Aussendung von Licht hat, so sagt diese Empfindung uns nur, daſs wir die Gegend der Fläche, die hier unserem Auge vorliegt, die ihre Strahlen in unser Auge sendet, weiſs sehen. Richten wir unser Auge nach andern Puncten des Prismas, so lassen sich eben solche Puncte der weiſsen Fläche nachweisen, deren gemischter und vereinigter Eindruck dem Auge Weiſs zeigt.

Hierin liegt in der That ein so vollgültiger Beweis für die Behauptung, daſs mitten im Weiſs sich nichts von Farbe zeigen kann, daſs es unbegreiflich scheint, wie v. Göthe[1] hier die weiſse Wand „nach verschiedenen Stufen gefärbt" zu sehen erwarten konnte; und nichts würde für mich und alle Newtonianer belehrender seyn, als wenn er uns genau zeigen wollte, *welche* Theile der Wand denn, nach einer consequenten Durchführung der Newton'schen Hypothese, roth, gelb, grün, erscheinen müſsten. Diese Anforderung ist so billig, daſs ich fest überzeugt bin, hätte jemand sie damals, als v. Göthe seine ersten Versuche machte, ihm vorgelegt, er sie nicht abgelehnt, dann aber auch gewiſs, bei der Sorgfalt, mit welcher er damals zu zeichnen gewohnt war, sich überzeugt haben würde, daſs diese Grenzen einzelner Farben mitten im unbegrenzten Weiſs nirgends zu finden sind, und daſs der Instinct[2] hier irre zu leiten im Begriff sey. Ich sehe wohl ein, daſs v. Göthe in dem,

---

1 Bd. II. S. 677.
2 Ebend. S. 678.

Digitized by Google

was ich eben vorher *für* Newton gesagt habe, eben so gut wie in den Newton'schen Versuchen „Taschenspielerbedingungen[1]" finden wird; ich hoffe daher auch gar nicht mit diesem Beweise mehr zu leisten, als meine Vorgänger; aber bei mathematischen Gegenständen muſs man die Bedingungen pünctlich angeben, und erhält dann auch strenge bestimmte Resultate, welche aufzusuchen freilich, wie Euklides schon sagte, kein eigener Weg für Könige (und der Sänger soll ja „mit dem König gehen",) gebahnt werden kann. —]

„An den Rändern, wo sich eine weiſse oder farbige Fläche gegen einen hellern oder dunklern Gegenstand abschneidet, zeigt sich eine farbige Erscheinung; — es müssen Bilder, begrenzte Flächen, verrückt werden, wenn eine Farbenerscheinung sich zeigen soll. Wird z. B. ein helles Rund auf dunkelm Grunde durch ein Linsenglas gesehen, so findet eine Verrückung nach auſsen statt, wir sehen es vergröſsert, und erblicken einen blauen Rand. Den Umkreis eben desselben Bildes können wir scheinbar nach dem Mittelpuncte hinein bewegen, wenn wir es durch ein concaves Glas betrachten, wo es verkleinert, mit gelbem Rande erscheint. Diese beiden Erscheinungen zeigen sich, die blaue sowohl als die gelbe, an und über dem Weiſsen; sie nehmen, so fern sie über das Schwarze reichen, einen röthlichen Schein an. Wir haben hier in dem einen Falle den hellen Rand gegen die dunkle Fläche, in dem andern Falle den dunkeln Rand gegen die helle Fläche scheinbar geführt, eins durch das andere verdrängt, eins über das andere weggeschoben, — und darin liegt der Grund der Farbenerscheinung. Diese Umstände kommen nun beim Prisma und überall wieder vor. Bewegen wir eine dunklere Grenze gegen das Helle, so geht der gelbe breitere Saum voran, der schmälere gelbrothe Rand folgt mit der Grenze; rücken wir eine helle Grenze gegen das Dunkle, so geht der violette Saum voraus und der schmälere blaue Rand folgt. Diese Farben lassen sich aus der Lehre von trüben Mitteln bequem ableiten. Denn wo der voreilende Saum des trüben Nebenbildes sich vom Dunkeln über das Helle zieht, erscheint das Gelbe; umgekehrt, wo eine helle Begrenzung über die dunkle Umgebung hinaustritt, erscheint das Blaue. Die voreilende Farbe ist immer die breitere. So greift die gelbe

1 Ebend. S. 681. Z. 4. v. u.

Digitized by Google

über das Licht mit einem breiten Saume, da aber, wo sie an das Dunkle grenzt, entsteht nach der Lehre der Steigerung und Beschattung, das Gelbrothe als ein schmälerer Rand u. s. w."

[Dafs alle diese Erscheinungen sich nach NEWTON's Theorie nicht blofs mit vagen Worten erklären lassen, sondern dafs der Weg der Lichtstrahlen sich genau berechnen läfst, ist aus dem Vorigen schon bekannt. Aber ich gestehe, dafs ich nie habe einsehen können, wo denn bei v. GÖTHE die eigentliche Erklärung dieser dioptrischen Farben liegt. Dieses trübe Nebenbild ist es ja gerade, dessen Entstehung erst erklärt werden soll, und keinesweges dadurch erklärt wird, dafs uns S. 85 mit vieler Kunst begreiflich gemacht wird, es kämen ja auch in andern Fällen Nebenbilder vor. Wie diese Nebenbilder im Glasspiegel und sonst entstehen, das ist bekannt; aber indem wir unser Auge auf den Spiegel richten, glaubt der Verf. der Farbenlehre, hätten wir die Frage vergessen, ob denn jene trüben Farbenbilder eben so entstehen? — Diese trüben Bilder sind es eben, die erklärt werden sollen. Freilich findet sich S. 88. eine Erklärung, die mit dem berühmten horror vacui die allergröfste Aehnlichkeit hat, aber niemand befriedigen kann. Sie lautet so: „Es entsteht also, wenn die Refraction auf ein Bild wirkt, an dem Hauptbilde ein Nebenbild, und zwar scheint es, dafs das wahre Bild einigermafsen zurückbleibe," „„und sich dem Verrücken gleichsam widersetze."" — Mit der Refraction geht es also ungefähr so zu: Einige vom Bilde ausgehende Lichtstrahlen sind nachgiebiger als andre, und lassen sich zu der gesammten Fortrückung veranlassen, statt dafs andre etwas weniger geneigt sind, der Verrückung nachzugeben, oder mit NEWTON's Worten, jene sind stärker brechbar, werden mehr von ihrem Wege abgelenkt, als diese, und zwar sind jenes die violetten und blauen, dieses die gelben und rothen. Das was GÖTHE sagt, ist also unter versteckten Ausdrücken am Ende gerade nichts anders, als die Newton'sche stärkere Brechbarkeit. Denn wenn ein Nebenbild dem Hauptbilde bei der Verrückung vorauseilt, so ist es um mehr als dieses verrückt; da nun v. GÖTHE den Ausdruck *Verrückung* statt *Brechung*, *Refraction*, anwendet, so sage ich mit gleichem Rechte, das Nebenbild ist mehr gebrochen, als das Hauptbild. Nun sehen wir dies vorauseilende Nebenbild nur da, wo es über das Hauptbild vorgreift, also nur einen voreilenden Rand des mehr gebrochenen

Nebenbildes, welcher violett und blau ist. Da wo Hauptbild und Nebenbild zusammen fallen, sehen wir das Bild in vollem Lichte (weiſs), aber wo die am trägsten zurückgebliebenen Theile des Bildes wieder an der hintern Seite über das, was nun einmal Nebenbild heiſsen soll, vorragen, da zeigen sich, als die der Verrückung am wenigsten nachgebenden, als die am wenigsten gebrochenen Strahlen, die gelben und rothen. — — Wenn ich mir so v. Göthe's dunkle Rede verdeutliche, so kann ich sie besser fassen; aber in dieser Uebersetzung würde denn freilich auch dieser Theil der v. Göthe'schen Farbenlehre völlig über den Lethe gesetzt. Da sich alles andere in der Göthe'schen Farbentheorie auf diese Betrachtungen stützt, da die stärkere Farbenzerstreuung als ein durch chemische Mittel bewirktes weiteres Voreilen des Nebenbildes angesehen werden kann, und damit die Achromasie diesem Begriffe vom Nebenbilde angereihet wird: so ist es nicht nöthig, länger hiebei zu verweilen, und ich gehe daher zu andern Frfahrungen über das prismatische Farbenbild über.]

13. Der Raum, den jede einzelne Farbe im prismatischen Sonnenbilde einnimmt, ist ungleich, und selbst im Verhältniſs gegen die Länge des ganzen Bildes ungleich, wenn man Prismen von verschiedener Materie nimmt[1]. Die Abmessungen, welche Newton für die Theile des Bildes, die sich als Roth, Orange u. s. w. zeigen, angiebt, können daher nur als ein Beispiel dienen, in welcher Ordnung die Farben sich an einander reihen. Hätte Newton nicht in der nahen Uebereinstimmung zwischen den Verhältnissen dieser Räume und den Schwingungszeiten der eine Tonleiter bildenden Töne ein Naturgesetz zu erkennen geglaubt, so würde er vielleicht nicht so übereilt die Behauptung, daſs keine Aufhebung der Farbe bei der Brechung und eben deshalb kein achromatisches dioptrisches Fernrohr möglich sey, ausgesprochen haben. Newton legt den einzelnen Farben folgende Ausdehnung bei: Violett nimmt 80 Theile, Indigo 40, Blau 60, Grün 60, Gelb 48, Orange 27, Roth 45 Theile ein, wenn man das ganze Spectrum in 360 Theile zerlegt. Könnte man zugleich die Lichtstärke, die in jedem einzelnen Theile des Farbenbildes statt findet, angeben, so lieſse sich über die Verhältnisse, in welchen die Far-

1 Vergl. Art. *Zerstreuung der Farben.*

Digitized by Google

benstrahlen gemischt seyn müssen, um Weiſs zu geben, etwas Genaueres bestimmen[1].

14. Welche Theile des Farbenbildes der Sonne am meisten Licht und welche am wenigsten Licht besitzen, hat Herschel untersucht[2]. Er bediente sich eines Mikroskops, womit er verschiedene Gegenstände, die bald durch die eine, bald durch die andre Art von Farbenstrahlen erleuchtet waren, betrachtete. Allemal zeigten sich die feinen Puncte, worauf er seine Aufmerksamkeit richtete, am stärksten erleuchtet, wenn sie sich in den gelben Lichtstrahlen befanden, am besten dann, wenn man sie in die Gegend des Farbenbildes brachte, wo das vollkommene Gelb in Grün überzugehen anfängt. Wenn man sich von dieser Gegend nach einer oder der andern Seite entfernte, so war die Erleuchtung schwächer, im Orange schwächer als im Gelb, im Roth schwächer, als im Orange, und eben so im Grün nicht ganz so stark als in jenem Uebergange vom Gelb zum Grün, im blauen Lichte war die Erleuchtung immer schwächer, je mehr man sich von der Mitte des Farbenbildes entfernte, im Violett aber schwächer als in irgend einem der übrigen Farbenstrahlen. Herschel bemerkt zugleich, daſs die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen sich dadurch zeigte, daſs die zum deutlichen Sehen nöthige Stellung des Instruments bei jeder Farbe eine andere war, und daſs man nur dann die glänzenden Puncte an einem Nagel oder anderm Metall als mit der *einen* Farbe glänzend erblickte, die man auffallen lieſs, wenn man die Beimischung anders gefärbter Strahlen sorgfältig vermied.

Fraunhofer hat diese Ungleichheit der Intensität noch genauer zu bestimmen gesucht, weil sie bei achromatischen Fernröhren zu berücksichtigen ist, wenn man die durch verschiedene Farbenstrahlen mit ungleicher Stärke bewirkte Färbung des Bildes aufheben will. Er brachte in der Ocularröhre eines Fernrohrs einen Metallspiegel an, der durch eine Lampenflamme erleuchtet wird, und dieses, in senkrechter Richtung gegen die Ocularröhre einfallende Licht, indem er es unter einer Neigung von 45 Graden auffängt, gegen das Ocular unter

---

1 Vergl. No. 19.

2 Herschels Unters. über die Natur der Sonnenstrahlen, übers. v. Harding. Celle 1801. S. 13.

Digitized by Google

eben dem Winkel zurückwirft. Dieser Spiegel, den man von der Flamme erleuchtet sieht, nimmt die Hälfte der Röhre ein, während durch die andre Hälfte des Gesichtsfeldes eine der Farben des prismatischen Sonnenbildes gesehen wird. Die erleuchtende Flamme kann verschiedene Entfernungen von jenem Spiegel erhalten, wodurch dann die Erleuchtung des Spiegels stärker oder schwächer wird, und man kann folglich eine solche Entfernung der Flamme wählen, wobei der Eindruck, den das Licht derselben durch das Ocular gesehen macht, eben so stark ist, als der Eindruck einer durch die andre Hälfte des Gesichtsfeldes gesehenen Farbe des prismatischen Sonnenbildes. Die Entfernung der Flamme giebt dann auf die bekannte Weise das Maſs der Erleuchtung des Spiegels, da diese dem Quadrate der Entfernungen umgekehrt proportional ist; eben dadurch aber erhält man auch die Intensität des verglichnen Farbenstrahls. Fraunhofer bemerkt, daſs es zwar etwas schwer ist, Licht von verschiedenen Farben mit einander zu vergleichen; aber einige Uebung erleichtert diese Vergleichung. Die Gleichheit der Intensität beider Lichter erkennt man daran, daſs die nach der unveränderten Lage des Oculars scharf sichtbare Grenze des Spiegels dann am wenigsten deutlich ins Auge fällt, wenn die Intensität des Farbenstrahles mit dem Lichte, das der Spiegel zurückwirft, gleich ist. Die Versuche wurden mit einigen Abänderungen mehrmals wiederholt, unter andern auch so, daſs das Lampenlicht durch ein matt geschliffenes Glas auf den Spiegel fiel[1], und durch die andere Hälfte des Fernrohrs eine von dem Farbenstrahle erleuchtete weiſse Fläche gesehen wurde.
Fig. 19. Der hellste Ort des Farbenbildes liegt um $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge desselben vom rothen Endpuncte entfernt, und die graphische Darstellung zeigt, wie die Verhältnisse der Intensität in allen Theilen des Farbenbildes gefunden wurde[2]. Folgende Zahlen geben diese Verhältnisse der Intensitäten an:

bei $B = 0{,}032$.
bei $C = 0{,}094$.
bei $D = 0{,}64$.

---

1 Diese Einrichtung scheint noch besser, als die vorige, weil hier im eigentlichen Sinne die Erleuchtung verglichen wird, statt daſs bei dem Beobachten der Flamme selbst, die claritas visa der Flamme zur Vergleichung dient.

2 G. LVI. 301.

Digitized by Google

größte = 1,00,
bei E = 0,48,
bei F = 0,17,
bei G = 0,031,
bei H = 0,006.

Also ist das gesammte Licht in den einzelnen Theilen des Farbenbildes etwa so vertheilt, daſs

im Raume BC = 0,021 des in DE vorhandenen
CD = 0,299 — — — — —
DE = 1,000 — — — — —
EF = 0,328 — — — — —
FG = 0,185 — — — — —
GH = 0,035 — — — — —

oder in Vergleichung gegen die ganze Summe des Lichtes

auf BC = 0,0113 kommt,
— CD = 0,1599
— DE = 0,5354
— EF = 0,1757
— FG = 0,0990
— GH = 0,0187

Fraunhofer bemerkt, daſs die Grenzen des ganzen Farbenbildes sich schwer angeben lassen, indem man bei recht lebhaftem, auf das Prisma fallendem Lichte, wenn man die hellern Theile des Farbenbildes verdeckt, um das Auge nicht durch sie zu blenden, noch weit über die gewöhnlich dem Auge sichtbaren Grenzen hinaus ein Roth an dem einen und ein Violett an dem andern Ende des Farbenbildes gewahr wird. Und dieses stimmt mit dem überein, was der jüngere Herschel bei dem oben (No. 7) erzählten Versuche fand, daſs nämlich das durch jene rothen Gläser gesehene runde Sonnenbild so weit am Ende des prismatischen Farbenbildes liegt, daſs, wenn man den Ort desselben auf dem Papiere bezeichnet, wo das Farbenbild aufgefangen wird, dieser Ort zum Theil auſserhalb der Grenze desjenigen Bildes liegt, welches man, wenn das Auge zugleich auf die glänzendern Farben sieht, bemerkt. Dort also, wo ein rothes Glas das Auge vor der Blendung durch die glänzendern Farben sichert, welche von diesem Glase nicht durchgelassen werden, empfindet das Auge die Gegenwart dieser schwachen rothen Strahlen, die am äuſsersten Ende des Farbenbildes liegen.

Digitized by Google

15. Fraunhofer's genaue Untersuchung des Farbenbildes zeigte ihm noch eine andre bis dahin ganz unbekannte Eigenschaft desselben. Wenn man so strenge als es für die Berechnung achromatischer Fernröhre nöthig ist, die Brechung der einzelnen Farbenstrahlen in verschiedenen Glasarten zu bestimmen wünscht, so findet man dieses wegen der unbestimmten Grenze der einzelnen Farben nicht wenig schwierig. Es war daher eine erwünschte Entdeckung, als Fraunhofer in dem durch das Prisma gesehenen Lampenlichte zwischen dem Roth und Gelb einen hellen scharfbegrenzten Streifen bemerkte, der sich immer an derselben Stelle findet, und aus einfachem, nicht zerlegbarem Lichte zu bestehen scheint. Ein ähnlicher, jedoch schwächerer, Streifen läfst sich auch im Grün wahrnehmen. Eben solche, aber viel zahlreichere bestimmte dunklere und hellere Streifen sieht man nun auch im Sonnenlichte, und wenn man sie bei dem Gebrauche verschiedener Prismen ins Auge fafst, so hat man immer dieselben Puncte im Farbenbilde, und kann daher die verschiedene Brechung für verschiedene Glasarten in Beziehung auf sie genau angeben. Fraunhofer entdeckte diese Streifen im Farbenbilde, indem er vor dem Fernröhre eines Theodoliten ein Prisma von Flintglas aufstellte, auf welches durch eine schmale, etwa 15 Sec. Breite und 36 Min. hohe Oeffnung in dem 24 Fufs vom Prisma entfernten Fensterladen, das Sonnenlicht fiel. Der Winkel des Prisma's war ungefähr 60 Gr. und das Prisma stand so vor dem Objectiv des Theodolitfernrohrs, dafs der Winkel des einfallenden Strahls dem des gebrochnen Strahls gleich war.

Bei dieser Stellung des Instruments zeigte sich in dem Farbenbilde und senkrecht auf die Längenausdehnung desselben eine Menge dunklerer Linien, deren einige fast ganz schwarz erschienen. Diese Linien zeigten sich bei allen verschieden brechenden Prismen und scheinen sich immer genau an demselben Orte, die eine im Blau, die andre im Roth u. s. w. zu befinden; sie waren zwar bei veränderter Oeffnung im Fensterladen oder bei veränderter Ausdehnung des Farbenbildes mehr oder minder leicht zu erkennen; aber ihr Verhältnifs, ihre Lage gegen einander und gegen die Farben blieb immer ungeändert. Wenn man durch Drehung des Prisma's den Einfallswinkel änderte, so mufste die Stellung des Oculars verändert werden, um sie deutlich zu sehen, und eben so mufste diese Aenderung statt finden, wenn

Digitized by Google

man bald die im rothen, bald die im violetten Theile liegenden Fig.
Linien deutlich sehen wollte. Die Figur[1] zeigt, so gut es in 19.
einer kleinen Zeichnung möglich ist, diese Linien im Sonnenbilde. Ungefähr bei A ist das rothe, bei I das violette Ende des Farbenbildes, jedoch ohne ganz scharfe Grenze; bei sehr hellem Sonnenlichte sieht man, wenn von dem hellen Raume CG kein Licht ins Auge kommt, das Farbenbild viel länger. Die genauere Beschreibung der Linien theile ich hier nicht mit, sondern bemerke nur, dafs nach FRAUNHOFER's sorgfältiger Untersuchung diese Linien nicht durch Beugung u. dgl. entstehen, sondern in der Natur des Lichtes selbst liegen. —

Wie diese dunkleren Linien zu erklären sind, ist wohl noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen[2]. Nach den sonst bekannten Erfahrungen schien es, dafs die Sonnenstrahlen aus verschiedenen Farbenstrahlen beständen, die in stetiger, ununterbrochener Folge an Brechbarkeit verschieden wären; nach dieser neuen Erfahrung scheint es in Gemäfsheit der Newton'schen Theorie, als ob die Brechbarkeit nicht nach stetiger Folge verschieden wäre, sondern hier und da sprungweise fortschreite, woher denn allerdings, wenn der auffallende Strahlenbündel sehr schmal ist, Lücken entstehen müfsten[3].

16. Die einzelnen Farbenstrahlen sind in ungleichem Grade erwärmend. HERSCHEL bemerkte dieses zuerst, indem er unter den stark verdunkelnden Gläsern im Telescop einige fand, die viel Wärme durchliefsen, während andre bei gleich viel durchgelassenem Lichte dieses nicht thaten; er stellte daher eine Reihe von Versuchen an, wo im verfinsterten Zimmer das Thermometer bald in dem einen, bald in dem andern Farbenstrahle des durch einen engen Spalt einfallenden und im Prisma (dessen Kanten der Längenrichtung des Spaltes parallel waren) gebrochnen Sonnenstrahlen aufgestellt wurden. Er fand, indem er unter drei Thermometern das eine aufserhalb der Farbenstrahlen, ein

---

1 Entlehnt aus FRAUNHOFER's Originalabhandlg. und SCHUMACHER's astron. Abh. II. wo sie in gröfserm Mafsstabe gezeichnet ist.

2 Eine sehr dunkel ausgedrückte Meinung von v. Grotthufs findet sich bei Gilb. LXI. 60. Fraunhofer selbst bringt sie mit der Theorie der Interferenzen und der Lichtwellen in Verbindung.

3 Künstliches Licht giebt im prismatischen Bilde oft noch viel merklichere Unterbrechungen, wie unter andern Talbot im Edinb. Journ. of Science. IV. IX. zeigt.

Digitized by Google

andres oder auch beide andere in einem bestimmten Farbenstrahle aufstellte, daſs im Mittel das Thermometer in 16 Min. durch die Einwirkung des rothen Strahles um 6⅞ Gr. in den grünen Strahlen um 3¼ Gr. in den violetten um 2 Gr. F. stieg. Aber obgleich im Roth die Erwärmung gröſser als in den übrigen Farbenstrahlen war, so lag doch das Maximum der Erwärmung nicht im Roth, sondern darüber hinaus, wo schon keine Farbe mehr kenntlich war. Lieſs man nämlich auf das kleine Tischchen, worauf die Thermometer sich sich befanden, nach und nach die einzelnen Farbenstrahlen fallen, und beobachtete das in der Brechungsebene liegende Thermometer nun auch dann noch, wenn der rothe Farbenstrahl das Tischchen nicht mehr erreichte, also wenn das Thermometer da stand, wo Strahlen noch minder brechbar als die rothen hin gelangen müſsten, wofern es solche gäbe, so stieg das Thermometer in 10 Min. 6½ Gr., wenn es ½ Zoll von der Grenze des sichtbaren Roth abstand, 5¼ Gr. wenn es 1 Zoll, 3½ Gr. wenn es 1½ Zoll, von dieser Grenze entfernt war. Herschel schloſs hieraus, daſs das Maximum der Erwärmung auſserhalb des Roth liege, da wo Strahlen, weniger brechbar, als die rothen hinfallen, oder wenn wir auch nach Fraunhofer und dem jüngern Herschel annehmen, daſs ein recht scharfsehendes, im Dunkel ungeblendetes Auge hier vielleicht noch einen matten tief rothen Lichtschimmer sieht, doch gewiſs da, wo nur die äuſserste, höchst schwach erleuchtenden rothen Strahlen hin gelangen. Herschel versicherte sich noch durch andre Versuche, daſs wirklich solche auſserhalb des Farbenbildes auffallende Wärmestrahlen vorhanden sind, indem er ein Thermometer so aufstellte, daſs es durch Zurückwerfung solcher minder brechbarer Strahlen, die nämlich von einem jenseits des Roth gehörig aufgestellten Spiegel reflectirt werden muſsten, getroffen wurde, und eine Erwärmung beobachtete. Er bestätigte dieses Resultat, indem er einen zur Hälfte bedeckten Hohlspiegel so stellte, daſs der unbedeckte Theil ganz auſserhalb der Grenze des Farbenbildes lag und also nur von jenen dunkeln Strahlen getroffen werden konnte; dennoch stieg ein im Brennpuncte gehaltenes Thermometer in 1 Min. um 19 Grade[1].

Spätere Beobachter haben diese bis über das Roth hinaus-

---

1 Herschel's Unters. über die Sonnenstrahlen, übers. von Harding und in Gilb. Ann. VII. 137. X. 71.

Digitized by Google

reichenden Wärmestrahlen nicht finden können, und LESLIE spricht mit einer eben so unnöthigen als ungebührlichen Heftigkeit dagegen[1]. Er glaubt die sämmtlichen Versuche wären fehlerhaft, und bei gehöriger Sorgfalt habe er selbst gar keine Erwärmung aufserhalb des Farbenbildes gefunden.

Diese Einwürfe zu prüfen, stellte ENGLEFIELD[2] eine Reihe von Versuchen an. Er liefs auf eine Glaslinse von 4 Zoll Oeffnung und 22 Zoll Brennweite, die durch einen Pappenschirm gegen die übrigen Strahlen geschützt wurde, nur diejenigen Farbenstrahlen, die durch eine ½ Zoll weite, 3 Zoll lange Oeffnung in jenem Schirme durchgelassen wurden, auffallen, deren Wirksamkeit untersucht werden sollte. Er stellte dann ein Thermometer im Focus auf, und liefs von den durch das Prisma zerstreuten Strahlen bald den einen, bald den andern Theil auf die Oeffnung im Schirm und so auf die Linse fallen. Der blaue Strahl brachte in 3 Min. das Thermometer nur 1 Gr. höher, der grüne in eben der Zeit 4 Gr., der gelbe 6°, der rothe in 2½ Min. 15½ bis 16 Gr., und aufserhalb des Farbenbildes nahe an der Grenze des Roth stieg das Thermometer in 2½ Min. 18 Gr. F. Andere Versuche fielen im Wesentlichen eben so, nämlich beweisend für Erwärmung da, wo kein Roth des Farbenbildes mehr sichtbar war, aus; indefs zeigte sich, selbst wenn das ganze Farbenbild auf den Schirm fiel, und die Oeffnung ½ Zoll von der sichtbaren Grenze des Roth entfernt lag, im Brennpuncte noch ein schwachrother Schimmer, also gesammelt aus Strahlen, die das Auge auf dem Schirme nicht bemerkte.

Die Wiederholung der Versuche über die ungleiche Erwärmung durch verschiedenfarbige Strahlen, welche wir BERARD verdanken[3], hat vor den frühern den Vorzug, dafs sie mit einem Heliostat angestellt sind, einem Instrumente, welches bei dem Fortrücken der Sonne das Sonnenbild immer in demselben Puncte erhält. BERARD fand die Erwärmung vom Violett bis zur äufsersten Grenze des Roth zunehmend; das Maximum der Wärme also zwar nicht aufser dem Farbenbilde, aber doch an der äufsersten Grenze desselben, und von da an aufserhalb des sichtbaren Farbenbildes schnell abnehmend. RUHLAND

---

1 G. X. 90.
2 Ebend. XII. 399.
3 Ebend. XLVI. 382.

Digitized by Google

schliefst aus eigenen Versuchen, dafs der Ort der gröfsten Wärm bei Prismen aus verschiedenen Materien verschieden sey; b einigen Glasprismen und bei einem Prisma aus Borax lag er üb das Roth hinaus, bei andern im Roth, und bei Prismen, d mit flüssigen Körpern gefüllt waren, bei einigen im Gelb[1].

17. Auch die chemischen Wirkungen der verschieden Farbenstrahlen sind ungleich. Scheele[2] hatte schon bemerk dafs das Hornsilber (Chlorsilber, salzsaures Silber), welch im Sonnenlichte schwarz wird, diese Veränderung eher u stärker leidet, wenn man es dem violetten Lichtstrahle, als wen man es den übrigen Lichtstrahlen aussetzt; der violette Stral so lichtschwach er ist, und so sehr er in Rücksicht auf die e wärmende Kraft hinter den übrigen zurücksteht, reducirt al das Silberoxyd am schnellsten.

Ritter[3] hat die Erscheinungen noch genauer untersuc und gefunden, dafs die stärkste Reduction aufser dem Viole wo das sichtbare Farbenbild schon aufgehört hat, statt finde dafs ihre Stärke von da an durch das Violett und Blau sehr abnimm und nahe hinter dem Grün ganz aufhört, im Orange und Roth schie eine Oxydation einzutreten. Fischer findet[4] die stärkere Schwä zung des Hornsilbers im blauen und violetten Strahle und au eine deutliche Färbung aufserhalb des Farbenbildes jenseits d violetten Strahles völlig bestätigt; der rothe Strahl brachte selb in 2 Stunden keine Färbung hervor, obgleich diese vom blau Strahle in wenig Minuten bewirkt wurde. Eben diesen Unte schied fand Fischer, wenn man unter blauen und rothen Gl sern das salzsaure Silber der Einwirkung des Lichtes aussetz nur unter jenem zeigte sich die Schwärzung. Dafs im roth Strahle eine entgegengesetzte chemische Wirkung eintrete, h Fischer für nicht erwiesen.

Wollaston's etwas anders angestellten Versuche verdien gleichfalls erwähnt zu werden[5]. Guajacharz, in Alkohol auf

1 Ruhland über die polarische Wirkung des gefärbten hete gen Lichts. S. 50.

2 G. VII. 149.

3 Ebend. XII. 408.

4 Fischer über die Wirkung des Lichts auf das Hornsil Nürnberg, 1814. S. 56.

5 G. XXXIX. 294. Ruhland über polarische Wirkung Lichts. S. 24.

Digitized by Google

löst, giebt eine Tinctur, die unter Einwirkung des Lichtes grün wird. Da die Farben des durch ein Prisma zerstreuten Sonnenlichtes keine Wirkung zeigten, so concentrirte WOLLASTON sie, indem er eine Glaslinse von 7 Zoll Durchmesser so bedeckte, daſs nur ein sehr schmaler Rand die Lichtstrahlen empfing. Dieser Ring vereinigt bekanntlich die rothen Lichtstrahlen in einem andern Brennpuncte, als die violetten. Fing man das Bild näher beim Glase, als wo der Brennpunct lag, auf, so war es wie allemal, innen violett, auſsen roth gefärbt; bei 24½ Zoll Entfernung war der Brennpunct am glänzendsten; in gröſserer Entfernung war das Farbenbild wieder ringförmig und am äuſsern Rande violett, am innern roth. Setzte man diesen Strahlen das salzsaure Silber aus, so entstand in kleinern Entfernungen als 22¼ Zoll ein geschwärzter Ring; in 22¼ Zoll ein Fleck, der bei 23 Zoll Entfernung am kleinsten war; in 24¼ Zoll Entfernung wurde die geschwärzte Stelle wieder ringförmig. Auch bei dem mit Guajactinctur bestrichenen Papier zeigte sich das Grün am schnellsten und schönsten in 23 Zoll Entfernung; in kleinern Entfernungen war die gefärbte Stelle gröſser und blässer, in 22½ Zoll Entfernung entstand ein grüner Ring mit farbenlosem Mittelpuncte, in 24¼ Zoll Entfernung, (also in dem am meisten erleuchteten Brennpuncte) erfolgte in der den frühern Beobachtungen immer gewidmeten Zeit von 1 Min. fast gar keine Wirkung. Nahm man Guajacpapier, das schon an der Sonne grün geworden war, und brachte dieses in 25¼ Zoll Entfernung hinter der Linse an, so ging die Farbe in das Blaſsgelb zurück, welches sie vor der Einwirkung des Lichtes hat; indeſs bemerkt WOLLASTON, daſs diese Wirkung, die allerdings eine entgegengesetzte Beschaffenheit derjenigen Strahlen anzudeuten scheint, die in der Gegend des Roth liegen, auch durch bloſse Hitze hervorgebracht wurde. Die wirksamsten Strahlen zur Färbung des Guajacpapiers waren also die am stärksten gebrochenen, die sich schon in 23 Zoll Entfernung in einem Focus sammelten, statt daſs die glänzendsten ihren Focus erst in 24¼ Zoll Entfernung hatten.

YOUNG lieſs die zwischen Glasplatten sich zeigenden Farbenringe (nach NEWTON's Ausdruck, die durch Anwandlungen entstandenen) ihr Bild auf ein Papier werfen, das mit einer Silberauflösung[1]

1 G. XXXIX. 283.

bestrichen war, und erhielt geschwärzte Ringe, die mit den violetten Ringen zusammen zu treffen schienen.

Berard[1], der sich durch mehrere Versuche von dieser ungleichen chemischen Wirksamkeit der Farbenstrahlen überzeugte, stellte unter andern Versuchen auch den an, daſs er die Farben vom Grün bis zum Violett, so wie sie durch das Prisma hervorgebracht waren, vermittelst *einer* Linse sammelte und eine *zweite* Linse zum Sammeln der gelben, orangefarbenen, rothen und über das Roth hinaus etwa noch vorhandenen Strahlen anwandte. Im Brennpuncte der ersten Linse schwärzte sich das salzsaure Silber in 10 Minuten sehr merklich, im Brennpuncte der zweiten, wo Licht und Hitze viel lebhafter waren, konnte selbst in zwei Stunden noch kein Erfolg bemerkt werden.

Nach Seebeck[2] erfolgt unter einer blauen Glocke die Zersetzung einer Mischung aus Chlorgas und Wasserstoffgas in sehr kurzer Zeit; unter einer gelbrothen Glocke erfolgt sie selbst in längerer Zeit nur höchst unvollkommen. Der Bononische Leuchtstein[3] wird nach Seebeck's Beobachtungeu am besten im violetten Strahle und selbst noch darüber hinaus leuchtend, im Blau nahm sein Glanz wenig ab, in den folgenden Strahlen trat das Leuchten unvollkommener ein. Hinter blauem Glase wurde er sogleich leuchtend, hinter gelbrothem verlor der schon leuchtende bononische Phosphor sein Licht. Ruhland[4], dessen zahlreiche Versuche ich sogleich umständlicher erwähnen will, fand diese Beobachtungen über den bononischen Phosphor fast vollkommen bestätigt, doch konnte er zwischen dem schwachen Leuchten im gelben und rothen Farbenstrahle keinen Unterschied wahrnehmen. Ruhland tadelt an den frühern Versuchen, daſs man auf die ungleiche Intensität des verschiedenfarbigen Lichtes nicht genug Rücksicht genommen habe, welchen Fehler er vermied, indem er mit Leslie's Photometer die Grade der Erleuchtung bestimmte. Er bediente sich eines Apparats, wo in fünf von einander getrennten Abtheilungen das Licht durch Gläser von 6 Zoll Durchmesser einfiel, die violett, blau, grün,

1 G. XLVI. 385.

2 Schweigg. II. 265. Ruhland. S. 11.

3 v. Göthe Farbenlehre. II. 705.

4 Ruhland über die polarische Wirkung des gefärbten heterog. Lichts. S. 26.

Digitized by Google

gelb, hochroth waren; das Gelbe liefs am meisten Licht durch, das Grüne etwas weniger als die drei übrigen, die sehr genau gleich waren. Seine zahlreichen Versuche geben im Allgemeinen das Resultat, dafs man die Wirkung der am meisten brechbaren Strahlen weder eine oxydirende noch eine desoxydirende nennen könne, sondern dafs die Wirkung hier, wie beim unzerlegten Lichte, nach Verschiedenheit der dem Lichte ausgesetzten Körper verschieden ist. Aber diejenige Wirkung, welche das unzerlegte Licht auf verschiedene Körper ausübt, die doch nur dadurch scheint hervorgebracht zu werden, dafs es von den Körpern in ihre Substanz aufgenommen wird, tritt bei den stärker gebrochenen Strahlen, weil sie am meisten angezogen werden, im stärkern Grade ein. Die minder gebrochenen zeigen nicht eigentlich die entgegengesetzte Wirkung, sondern die Wirkung ist zusammengesetzt aus derjenigen, welche das in mehr oder minderer Menge absorbirte Licht hervorbringt (und diese Menge ist bei den stärker brechbaren Strahlen gröfser), und aus der, welche Folge der Cohäsions-Erhöhung ist, die in dem Grade gröfser ist, als ein Körper gröfsere Schwierigkeit hat, das ihn treffende Licht seiner Elasticität zu berauben. Die von dem letzten Umstande herrührenden Erscheinungen, die nämlich von einer gesteigerten Cohäsion abhängen, kommen mehr den nicht so stark brechbaren Strahlen zu; deshalb (glaubt Ruhland) färben auch diese minder brechbaren Strahlen noch in einigem Grade das salzsaure Silber, entfärben aber zum Theil das schon geschwärzte, weil sie die Cohäsion indirect so erhöhen, dafs ein Theil des absorbirten Lichtes wieder ausgetrieben wird.

Von Ruhland's Versuchen hebe ich nur einige der auffallendsten aus. Die Aloë-Tinctur gehört zu den vorzüglichsten Reagentien, um die Einwirkung des Lichts zu zeigen. Frisch bereitet, hat sie eine bleiche, gelbrothe Farbe, setzt man sie aber auch nur kurze Zeit dem Lichte hinter violetten und blauen Gläsern aus, so wird sie dunkel blutroth, während in den minder brechbaren Strahlen auch nicht die geringste Farbenänderung eintritt. In jenen Strahlen bemerkt man auch Absorption des Sauerstoffgas, die in diesen ganz fehlt. — Rothes Quecksilberoxyd hielt sich in den minder brechbaren Strahlen ganze Monate unverändert, in den stärker brechbaren ward es bei hinreichend starkem Lichte bald so reducirt, dafs sich laufendes Quecksilber ansammelte. — Nufs-Oel, Mohn-Oel, Oliven-Oel

Digitized by Google

bleichten in den stärker brechbaren Farben (hinter violetten und blauen Gläsern) und wurden beinahe wasserhell, dabei absorbirten sie Sauerstoffgas. In den minder brechbaren Strahlen verhielten sich diese Oele wie im Dunkeln.

Auf die Pflanzen zeigt sich eine auf ähnliche Weise ungleiche Einwirkung. In den brechbarern Strahlen kehren die Blätter sich gegen das Licht, wie wir es sonst an Pflanzen am Fenster gewohnt sind; in den minder brechbaren Strahlen (hinter gelbem und rothem Glase) kehrten sie sich vom Lichte ab und ihre Farbe ward bleicher. — Brachte man zarte Pflanzen der Mimosa pudica während ihres nächtlichen Pflanzenschlafes in völliges Dunkel, und dann am Morgen, wenn die farbigen Gläser schon völlig von der Sonne beschienen wurden, die eine Pflanze hinter blaue oder violette, die andere hinter gelbe und rothe Gläser, so öffneten die Blätter sich hinter den rothen schneller als hinter den blauen, die letztern aber blieben so lange ausgebreitet, als sie vom Lichte beschienen wurden und schlossen sich des Nachts vollkommen wieder, statt daſs die im rothen Lichte stehenden sich nach einigen Tagen rückwärts bogen, so daſs die Oberflächen der Blätter nach auſsen zu stehen kamen, sich Nachts unvollkommen schlossen und ihre Reizbarkeit zu verlieren schienen.

Die Frage, warum der violette Strahl sich hier am wirksamsten zeige, beantworten die Vertheidiger der Emissionstheorie durch die Bemerkung, daſs schon die stärkere Brechbarkeit auf eine nähere Verwandtschaft des violetten Lichts mit den Körpern hindeute; die Vertheidiger der Undulationstheorie dagegen glauben, die breitern Wellen, die sich uns im violetten Strahle kenntlich machten, wirkten mit mehr Gewalt auf die Körper[1].

18. Ob der violette Lichtstrahl dem Stahle die Eigenschaften des Magnetes ertheile, scheint immer noch nicht ganz entschieden. Morichini glaubte diese Magnetisirung zu Stande zu bringen, indem er Stahlnadeln bloſs dem violetten Strahl aussetzte: er sagt aber nicht deutlich, wie er den Pol, welcher Nordpol werden soll, bestimme, indeſs scheint das Ende, welches dem magnetischen Norden am nächsten lag, Nordpol geworden zu seyn. Barlocci glaubte den Erfolg schneller und

---

1 Nobile sul magnetismo. Modona 1824. p. 178.

Digitized by Google

bestimmter hervorgehen zu sehen, wenn er das concentrirte Bild von der Mitte nach dem Nordende der Nadel, und eben so nachher von der Mitte nach dem Südende fortbewegte, und so ein dem Bestreichen ähnliches Verfahren anwandte. Diese[1] nicht einmal genau erzählten und zu sehr vielen Zweifeln Gelegenheit gebenden Versuche wurden von Andern ohne Erfolg wiederholt, und CONFIGLIACHI versichert unbedenklich, dafs sich die Nadeln, nachdem sie dem violetten Strahl ausgesetzt waren, nicht magnetisch zeigen, und dafs die Versuche von MORICHINI und BARLOCCI nicht mit genug Vorsicht angestellt sind[2].

Erst ganz neuerlich[3] scheinen die Umstände, welche das Gelingen des Versuchs bedingen, von Lady SOMMERVILLE aufgefunden zu seyn, nämlich dafs man nur diejenige Endspitze der Nadel, die Nordpol werden soll, dem violetten Strahle aussetzt, während der übrige Theil der Nadel bedeckt ist. Vermuthlich mufs man noch hinzusetzen, dafs eben dieser Nordpol einigermafsen nach der Richtung hin gekehrt seyn mufs, wohin die Neigungsnadel ihren Nordpol kehrt, oder wenigstens die Lage der Nadel nicht zu weit von dieser Richtung entfernt seyn mufs.

Nach L. GMELIN aber, welcher den Versuch durch MORICHINI selbst anstellen sah, wurde die zu magnetisirende Nadel nicht genau im magnetischen Meridiane, mit etwas westlicher Abweichung, horizontal gehalten, der blaue und violette Strahl des Spectrums vermittelst einer Linse vereinigt, und wiederholt von der Mitte aus nach dem nordwestlich gerichteten Ende geführt, wodurch nach einer kleinen halben Stunde die Nadel so magnetisch wurde, dafs sie Eisenfeilicht anzog. Ein heiterer Himmel wurde als nothwendige Bedingung angegeben, die Tagszeit des Versuchs war etwa 11 Uhr[4].

Auch BAUMGARTNER versichert[5], schon in wenigen Minuten einen Eisendraht im violetten Theile des Farbenbildes hinreichend magnetisch gemacht zu haben, um seine abstofsende Wirkung auf den Pol einer astatischen Nadel deutlich zu bemer-

---

1 G. XLIII. 212.
2 Ebend. XLVI. 367.
3 Poggendorf's Ann. VI. 493.
4 Mündliche Mittheilung.
5 Baumgartner's Zeitschrift für Phys. und Math. I. 270.

Digitized by Google

ken. Lady Sommerville hat die Wirkung sogar dadurch hervorgebracht, dafs sie Nadeln zur Hälfte in grüne oder blaue Bänder wickelte, die andere Hälfte mit Papier bedeckte: andere Nadeln, in rothes oder gelbes Band gewickelt, blieben unmagnetisch. Baumgartner glaubt, eine ungleiche Einwirkung auch des weifsen Lichtes auf beide Enden der Nadel sey hinreichend, um Magnetismus zu erregen. Völlig unmagnetische Stahlnadeln wurden am einen Ende polirt dem Lichte ausgesetzt und der polirte Theil ward Nordpol. Ein Versuch, wo die Nadel nach dem Poliren noch gänzlich unmagnetisch gefunden wurde, und nachdem die verdichteten Sonnenstrahlen einer kleinen Linse auf den polirten Theil gewirkt hatten, sich stark magnetisch zeigte, scheint vorzüglich geeignet, diese Meinung zu bestätigen. — Indefs gestehe ich, dafs ich, bei den mannigfaltigen hier möglichen Täuschungen, die Untersuchung noch nicht als beendigt ansehe.

Farben, welche aus der Mischung der prismatischen Farben hervorgehen.

19. Schon im Vorigen habe ich erwähnt, dafs man aus den sämmtlichen Farbenstrahlen wieder Weifs erhält, wenn man sie entweder alle, durch eine Linse gehörig gesammelt auf denselben Punct eines weifsen Körpers auffallen läfst, oder wenn sie durch ein zweites Prisma wieder alle in eine parallele Richtung gebracht werden; aber auch einige andere Mittel, um Weifs durch Mischung von Farbenstrahlen hervorzubringen, verdienen bemerkt zu werden. Newton behauptet zwar, man könne nicht zwei Farben aus dem prismatischen Bilde so heraus nehmen, dafs sie vereinigt ein reines Weifs geben, indefs erhält man dennoch eine, wenigstens für das Auge nicht vom Weifs zu unterscheidende Farbe, wenn man zwei Farbenbilder so auf einander bringt, dafs gelb und violett, orange und blau, roth und grün zusammenfallen. Nach v. Grotthuss [1] mufs man das Roth mit dem Bläulichgrün zusammenfallen lassen, indem man zwei Farbenbilder so, dafs bei beiden violett den obern Theil ausmacht, hervorbringt; trifft dann das Violett des etwas niedriger liegenden Bildes mit dem Gelb des höheren zusammen,

---

1 Schweigger's Journal. III. 158.

so fällt zugleich sehr nahe das Blau auf Orange, das Grün auf Roth, und bringt so ein in der Mitte weisses, am einen Ende in Blau und Violett, am andern Ende in Orange und Roth übergehendes Bild hervor. v. Grotthuss schreibt vor, man solle die beiden Spectra etwa in 12 Fuſs Entfernung im dunkeln Zimmer auf eine weiſse Wand fallen lassen, die mittleren sich vereinigenden Strahlen aber auf einer näher gehaltenen schwarzen Tafel auffangen, in welcher sich nur eine kleine runde Oeffnung befindet. Wenn man die Einrichtung so macht, so giebt diese runde Oeffnung ein doppeltes Bild an der Wand, weil die vom einen Prisma herkommenden Strahlen eine andere Richtung haben, als die vom andern Prisma herkommenden. Liegt die Oeffnung in der schwarzen Tafel da, wo Gelb vom einen und Violett vom andern Prisma zusammenfallen, so sind jene Bilder an der Wand, das eine gelb, das andere violett; aber wenn man nahe hinter der schwarzen Tafel sie auffängt, so daſs sie über einander greifen, so stellen sie Weiſs dar. Dieses Weiſs durchs Prisma angesehen, zeigt sich aber nur in Gelb und Violett, oder allgemein in die zwei Farben, woraus es entstanden ist, zerlegbar.

Wenn man, statt alle Strahlen zum Weiſs zu vereinigen, oder statt diejenigen zwei Farbenstrahlen, die ein sehr nahe reines Weiſs geben, zu vereinigen, andere Farbenstrahlen vereiniget, so geben sie Mittelfarben, die zum Theil mit denen im prismatischen Farbenbilde übereinstimmen, sich aber immer dadurch von diesen unterscheiden, daſs jene sich durchs Prisma in die Farbenstrahlen, woraus sie zusammengesetzt waren, zerlegen lassen, die aus dem Sonnenlichte unmittelbar vermittelst der Brechung hervorgehenden sich unzerlegbar zeigen. Es ist dieses auch nicht so auffallend, als einige Naturforscher es darstellen; denn offenbar besteht das Sonnenlicht aus einer Mannigfaltigkeit von Strahlen, deren Brechbarkeit nach dem Gesetze der Stetigkeit, in unmerklichen Abstufungen, verschieden ist[1], und unser Auge hat hier von denen, deren Brechbarkeit zwischen Gelb und Blau liegt, die Empfindung des Grün, eben so, wie bei einer Mischung der gelben und blauen Strahlen. Die

1 Bloſs die von Fraunhofer beobachteten dunkeln Linien scheinen eine Unterbrechung und Abweichung vom Gesetze der Stetigkeit anzudeuten, vgl. No. 15.

Digitized by Google

Mischung nämlich, die aus der Erleuchtung durch zwei Farben des prismatischen Sonnenbildes entsteht, giebt die zwischen ihnen liegende Farbe so daſs, wenn man das Farbenbild auf eine Glaslinse fallen läſst, aber durch einen Schirm die übrigen Strahlen abhält und nur orange und gelblich grün auffängt, ein gelbes Bild, aus Gelb und Blau dagegen Grün hervorgeht u. s. w. Um dieses deutlich zu sehen, muſs man die Linse in einem Abstande, der ihrer doppelten Brennweite gleich ist, vom Prisma entfernt aufstellen, und eben so entfernt hinter der Linse eine weiſse Tafel anbringen. Bedeckt man die so stehende Linse mit einem Deckel, in welchem zwei offene schmale Streifen, den Kanten des Prisma's parallel, sind, und läſst nun auf den einen Grün, auf den andern Orange fallen, damit diese Strahlen allein die Linse erreichen, so sieht man, wenn man die weiſse Tafel näher hinter der Linse hält, beide Farbenstreifen von einander getrennt, in der oben erwähnten Entfernung aber beide zusammenfallend, und aus Orange und Grün geht ein blasses Gelb hervor, indem die übrigen Strahlen sich zu Weiſs vereinigen, das im Orange und Grün übrige Gelb aber die einzige Färbung hervorbringt. Diese Versuche geben zugleich den Grund an, warum es möglich war, daſs Wünsch[1] die drei Farben Roth, Grün und Violett als die einfachen ansehen konnte, aus deren Mischung Gelb und Orange, wenn man Roth und Grün nimmt, Blau, wenn man Grün und Violett nimmt, hervorgehen.

Newton hat über diese Mischungen[2] viele Versuche angestellt, und giebt eine Regel, wie man die aus irgend einer gegebenen Mischung hervorgehende Farbe finden könne[3], die sich so darstellen läſst[4]. Wenn man sich jede Farbe aus dem Theile des Farbenbildes, wo sie am reinsten ist, genommen denkt, so muſs man $60\frac{3}{4}$ an Roth
$34\frac{1}{6}$ an Orange
$54\frac{2}{3}$ an Gelb
$60\frac{1}{4}$ an Grün

---

1 Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, von Wünsch. Leipz. 1792. G. XXXIV. 10. Einen interessanten Auszug mit Bemerkungen über den Inhalt findet man in Annales de Chimie LXIV. 135.

2 Optice Lib. I. Pars. 2. propos. 5. auch Exper. 13.

3 Lib. I. Pars. 2. propos. 6.

4 Biot traité de phys. III. 450.

Digitized by Google

$54\frac{3}{4}$ an Blau
$34\frac{1}{6}$ an Indigblau
$60\frac{3}{4}$ an Violett

nehmen, um in richtiger Proportion aus dieser Mischung weifs zu erhalten. Oder noch genauer, man theile den Kreisumfang so, dafs

60°	45′	34″	dem Roth,
34	10	38	dem Orange,
54	41	1	dem Gelb,
60	45	34	dem Grün,
54	41	1	dem Blau,
34	10	38	dem Indigblau,
60	45	34	dem Violett

zugetheilt werden, so hat man das verhältnifsmäfsige Mafs der Einwirkung jeder Farbe, welches zur Hervorbringung des Weifs erforderlich ist. Denkt man sich alle diese Bogen als mit Gewichten ihrer ganzen Länge nach belastet: so fällt nach der Lehre vom Schwerpuncte, des Bogens = a Schwerpunct in die Entfernung $= \frac{\text{Sin.} \frac{1}{2} a}{\frac{1}{2} a}$ vom Centro, und wenn man den Schwerpunct jedes der eben erwähnten Bogen als mit einem Gewichte der Gröfse des Bogens proportional, belastet, ansieht, so fällt der gemeinschaftliche Schwerpunct aller Bogen in den Mittelpunct. Man kann also sagen: wenn man jene Schwerpuncte des rothen Bogens, des orangefarbenen Bogens u. s. w. genau mit den Gewichten belastet, die den eben angeführten Zahlen proportional sind, so zeigt die Lage des Schwerpunctes im Mitttelpuncte ein völliges Ausgleichen aller Farben, eine Vereinigung in Weifs, an; legt man dagegen mehr Roth zu, während die übrigen Farben wie vorhin bleiben, so rückt der Schwerpunct auf die Seite des Roth, und offenbar wird auch die Mischung sich nur als röthlich zeigen, und zwar um so mehr, je entfernter vom Mittelpuncte sich der Schwerpunct aller Farben findet.

Man bestimmt die Lage des Schwerpunctes am besten durch zwei Coordinaten, deren Lage an sich willkürlich ist, deren eine wir aber am bequemsten auf dem Halbmesser nehmen, der das Roth vom Violett trennt; die andre wird gegen diese senkrecht genommen. Bedeutet R den Radius, so liegt des rothen Bogens = 60° 45′ 34″ = 1,0604. R Schwerpunct in der Ent-

Digitized by Google

fernung $= \frac{0,5057}{0,5302} = 0,9538.$ R vom Mittelpunte und hat als[o] die Coordinaten $= 0,9538.$ R. Cos. $30° \; 22' \; 47'' = 0,8228.$ R und $= 0,9538.$ R. Sin. $30° \; 22' \; 47'' = 0,4823.$ R. Wenn als[o] an Roth die Quantität $= r$ genommen wird, so sind (da $R = 1$ gesetzt werden kann) die Momente dieses Roth in statischem Sinne $= 0,8228.\; r$

und $= 0,4823.\; r.$ und hieraus läſst sich nun leicht verstehen, daſs wenn man an Roth die Quant. $= r$,

an Orange — $= o$,

an Gelb — $= g$,

an Grün — $= G$,

an Blau — $= b$,

an Indigblau — $= i$,

an Violett — $= v$,

nimmt, man die Formeln für beide Coordinaten des Schwerpuncts

$$= \frac{(r+v)\,0,8228 + (o+i)\,0,2074 - (g+b)\,0,5140 - G.\,0,9538}{r+o+g+G+b+i+v}$$

und

$$= \frac{(r-v)\;0,4823 + (o-i)\;0,9632 + (g-b)\;0,8137}{r+o+g+G+b+i+v},$$ erhält.

Es ist nämlich

$$0,8228 = \frac{\text{Sin. } 30°\; 22'\; 47''}{\text{arc. } 30\;\; 22\;\; 47}. \quad \text{Cos. } 30°\; 22'\; 47$$

$$0,4823 = \frac{\text{Sin. } 30°\; 22'\; 47''}{\text{arc. } 30\;\; 22\;\; 47}. \quad \text{Sin. } 30°\; 22'\; 47''.$$

$$0,2074 = \frac{\text{Sin. } 17°\; 5'\; 19''}{\text{arc. } 17\;\; 5\;\; 19}. \quad \text{Cos. } 77°\; 50'\; 53''$$

$$0,9632 = \frac{\text{Sin. } 17°\; 5'\; 19''}{\text{arc. } 17°\; 5'\; 19''}. \quad \text{Sin. } 77°\; 50'\; 53''$$

und so ferner.

Hiernach würde man also, wenn man gleiche Antheile roth und gelb $r = g$ nimmt, und alle andere Farben wegläſst oder $= 0$ setzt, die beiden Ordinaten

$$= \frac{0,8228 - 0,5140}{2} = 0,1544$$

und $$= \frac{0,4823 + 0,8137}{2} = 0,6480$$

erhalten. Diese treffen, wenn man

Digitized by Google

Tang $\varphi = \frac{0,6480}{0,1544}$ = Tang 76° 36′ berechnet, beinahe mit der Mitte des Orange zusammen, welche in 77° 51′ liegt. Die Entfernung des Schwerpunctes vom Mittelpuncte ist $= \sqrt{(0,1544^2 + 0,6480^2)} = 0,67$, und die Farbe nähert sich also dem Weiſs, oder sie ist so, als ob ungefähr ⅔ reines Orange mit ⅓ Weiſs gemischt wäre[1].

Diese Regel, um die aus Mischung mehrerer Farben hervorgehende Farbe zu finden, zeigt sich der Erfahrung sehr gemäſs und Biot hat z. B. die Farben der durch Anwandlung hervorgehenden Farbenringe so betrachtet; er sowohl als Newton geben danach die Farben so wie sie im ersten, zweiten und allen folgenden Farbenringen sich zeigen, an[2] und die Erfahrung entspricht diesen Bestimmungen.

20. Selbst die Mischung aus Färbestoffen läſst sich einigermaſsen nach ähnlichen Regeln betrachten; indeſs darf man nie vergessen, daſs unsere Färbemittel nie so reine Farben darstellen, als die Sonnenstrahlen. Mischen wir z. B. pulverisirte Färbestoffe, so würde, wenn auch die erleuchtete Seite jedes Körperchens seine Farbe ganz rein darstellte, doch die Schattenseite ein Dunkel oder Schwarz mit in die Mischung bringen. Ueberziehen wir eine völlig ebene Fläche mit einer Färbung, so wirft ja selbst, wenn diese Färbung aus dem reinsten Weiſs bestände, die Fläche nicht alles Licht zurück, und zeigt daher, je nachdem mehr oder minder Licht verloren geht, eine Hinneigung zum Grau. Wir dürfen uns daher nicht wundern, wenn insbesondere diejenigen Mischungen, welche Weiſs geben sollten, nur Grau geben. Man giebt die Vorschrift, um aus einer Mischung aller Farben das Weiſs hervorgehen zu sehen, solle man einen Kreis so eintheilen, daſs 60¾ Grade mit Roth, 34¼ mit Orange, 54⅔ mit Gelb, 60¾ mit Grün, 54⅔ mit lichtem Blau, 34¼ mit Indigblau, 60⅔ mit Violett und zwar jede dieser Farben möglichst schön und rein genommen, gefärbt werde,

---

1 Obgleich Newton durch eine nicht allzu sicher begründete Vergleichung der Farben mit den Tönen auf die Zahlenverhältnisse kam, die dieser Rechnung zu Grunde liegen, so scheinen sie doch der Erfahrung so nahe gemäſs, daſs man sie mit Nutzen gebrauchen kann.

2 Art. *Anwandlungen*. No. 11.

Digitized by Google

Wenn man den so gefärbten Kreis in eine schnelle Drehung u
seine Axe setzt[1], so folgen die Eindrücke, welche die einzel
nen Farben aufs Auge machen, so schnell nach einander, da
das Auge sie nicht zu unterscheiden im Stande ist, und d
Auge sieht den ganzen Kreis mit einer Färbung, worin kei
jener Farben vorherrscht, nämlich in einem Grau, das des
minder dunkel ist, je glänzender die angewandten Farben w
ren. Auf ähnliche Weise könnte man, indem man die Dreh
scheibe mit zwei verschiedenen Farben oder mit dreien u. s. v
zu gleichen oder ungleichen Theilen färbte, diejenigen Mischun
gen dem Auge darstellen, die diesen entsprechen und hätte d
bei wenigstens den Vortheil, daſs die Farben selbst keine Aen
derung durch chemische oder andere Einwirkung erlitten; i
deſs muſs man immer an die erwähnte Unvollkommenheit d
gefärbten Körper denken.

Man hat auf verschiedene Weise gesucht, die Uebergän
der Farben in einander durch Mischung von Färbestoffen nach
zuahmen. Das *Mayer'sche Farbendreieck* ist bestimmt, die
Fig. 20. Mischung in genau gegebenen Verhältnissen zu bewirken. I
dem man nämlich ein Dreieck so, wie die Zeichnung angieb
eintheilt, und den an den Ecken liegenden Theilen reines Rot
reines Blau, reines Gelb giebt, soll man in den zwischen r,
liegenden Fächern alle Abstufungen von Roth und Blau gemisc
hervorbringen. In unserer Figur, wo 6 Fächer zwischen r u
b liegen, würde r reines Roth, das nächste Fach 4 Theile Roth
1 Theil Blau, das folgende 3 Theile Roth, 2 Theile Blau, d
vierte 2 Theile Roth, 3 Theile Blau, das fünfte 1 Theil Rot
4 Theile Blau, das sechste, b, reines Blau enthalten. Eb
so würden die an den beiden andern Seiten liegenden Fächer d
Uebergänge von Roth zum Gelb, vom Gelb zum Blau darstelle
Die in der Mitte liegenden Fächer enthalten Mischungen a
drei Farben; in der zweiten Reihe von unten solche, die 1 Th
Roth enthalten, und diesen gemischt mit 1 Theil Gelb u
3 Theilen Blau in dem Fache u, oder mit 2 Theilen Gelb u
2 Theilen Blau im Fache v, oder mit 3 Theilen Gelb und 1 The
Blau im Fache w. Will man diesen Farben noch die Abstufu

---

1 Eine sorgfältige Anleitung, welche Farben und wie man
auftragen muſs, um ein möglichst schönes Weiſs hervorgehen zu
hen, giebt Lüdicke. G. V. 275. XXXIV, 17. 366.

gen beifügen, die durch Zumischung von Weifs entstehen, so mufs man eine Reihe solcher Dreiecke malen, wo in dem einen überall 1 Theil Weifs, in dem andern 2 Theile Weifs u. s. w. in die Mischung kommt.

Dieser Gedanke würde, um feste Bezeichnungen für die Farben zu erhalten, sehr passend seyn, wenn nur nicht die Ausführung, wie schon LICHTENBERG fand, so grofse Schwierigkeit hätte, da die Mischung nicht geradezu nach den Verhältnifstheilen der Färbestoffe geschehen kann, und bei einer feuchten Mischung vollends die verlangten Abstufungen oft ganz verloren gehen[1].

LAMBERT glaubte[2] diesen Gedanken, den schon LEONARDO DA VINCI angegeben hatte, mit einer von CALAU verfertigten Wachs ähnlichen Substanz, die mit den Farben gemischt wurde, besser zu Stande zu bringen; indefs empfehlen die Farben auf der dem Buche beigefügten Tafel (die freilich in so langer Zeit sich verändert haben mögen), sich nicht so sehr. Die *Farbenpyramide* fängt unten mit einem Dreieck, dessen Seite 9, das Ganze also 45 Fächer enthält, an, und die Mischungen gehen hier mit Achteln fort. Das zweite Dreieck enthält 7 Fächer in jeder Seitenlinie und 28 Fächer im Ganzen; die Mischungen schreiten nach Sechsteln fort, aber zu jeden 6 Portionen werden zwei Portionen Weifs gemischt, so dafs die Farben alle heller sind. Das dritte Dreieck hat 5 Fächer auf jeder Seitenlinie, und die Eckfächer enthalten nun 4 Portionen Blau oder Roth oder Gelb mit 4 Portionen Weifs gemischt, und eben so haben die vermischten Farben nur 4 Portionen der ihnen zukommenden Farben und 4 Portionen Weifs. Das vierte Dreieck hat 4 Fächer an jeder Seite und die Farbenmischungen schreiten nach Dritteln fort, aber zu 3 Portionen Farbe kommen 5 Portionen Weifs. Das fünfte Dreieck besteht nur noch aus 6 Fächern, die zu 6 Portionen Weifs entweder 2 Portionen Blau oder Roth oder Gelb, oder auch von je zweien derselben eine Portion enthalten. Das sechste Dreieck enthält nur drei Farben, die aus 1 Roth mit 7 Weifs, 1 Blau mit 7 Weifs, und 1 Gelb mit 7 Weifs be-

---

1 Tob. Mayeri opp. inedita. cura Lichtenbergii. De affinitate colorum.

2 Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten Farbenpyramide. Berlin 1772.

Digitized by Google

stehen. Endlich folgt noch die letzte Schicht mit 1 Fa ganz weiſs.

Runge's *Farbenkugel*[1], welche die Mischungen der F ben und ihr Uebergehen in Weiſs nach der einen Seite, Schwarz nach der andern Seite darstellt, gehört zu den gelu gehern Versuchen dieser Art. Er denkt sich auf der Oberfläc einer Kugel einen gröſsten Kreis gezeichnet, auf welchem drei, um 120 Gr. von einander entfernten Puncten reines Ro Blau, Gelb, aufgetragen wird. Läſst man nun von dies Puncten aus, Uebergänge der Farben in einander, nach reg mäſsig zunehmender Beimischung der benachbarten Farbe, st finden, so kommt 60 Grade vom Blau und Gelb dasjenige Gr vor, welches sich weder dem Blau noch dem Gelb zu sehr n hert, von da an aber der Uebergang in Gelb auf der einen, Blau auf der andern Seite; eben so ist es mit Orange und Vi lett. Nimmt man die diesem gröſsten Kreise zugehörend Pole, so erhellet nun leicht, welche Färbung jedem Pun der einzelnen Parallelkreise zukomme; wenn ich nämlich d einen Pol den weiſsen, den andern den schwarzen nenne, so es wohl verständlich genug, wenn ich sage, durch irgend ein Punct des zuerst mit Farben ausgestatteten gröſsten Kreises ge nach Art der Meridiane ein gröſster Kreis nach beiden Polen und dieser werde mit allen Abstufungen der Farbe, die er in j nem trifft, zum Weiſs hinüber nach dem einen Pole zu, u zum Schwarz hinüber nach dem andern Pole zu gefärbt. entsteht auf der Kugelfläche ein vollkommen dargestellter Ueb gang aller Farben je zwei in einander und aller in Schwarz u Weiſs hinüber. Will man Mischungen aus drei haben, so m man sich Durchschnitte der Kugel denken, und auf jed Durchmesser die Uebergänge aus einer gegebenen Mischung die, welche ihr gerade gegenüber steht.

Ergänzungsfarben.

Complementairfarben (couleurs compléme taires) nennt man gegenseitig diejenigen, die einander z

---

1 Farbenkugel oder Construction des Verhältnisses aller Misch gen der Farben zu einander und ihrer vollständigen Affinität. V P. O. Runge. (Hamb. 1810.)

Digitized by Google

Weiſs ersetzen. So ist also Gelb die Ergänzungsfarbe des Violett, welches Roth und Blau enthält, und Violett die Ergänzungsfarbe des Gelben; Grün ist die Ergänzungsfarbe des reinen Roth, und Orange die Ergänzungsfarbe des reinen Blau. Diese Farben zeigen sich bei den Newton'schen Farbenringen, die im Art. *Anwandlungen* beschrieben sind. Sieht man nämlich in eine gewisse Farbe durch zurückgeworfenes Licht, so kann man sicher seyn, daſs die in eben dem Puncte durchgelassenen Strahlen und die Ergänzungsfarbe von jener zeigen, und diese Farbenringe können daher dienen, um selbst zu den sich hier zeigenden gemischten Farben die genauen Ergänzungen kennen zu lernen. Daſs die Abendröthe die Ergänzungsfarbe des blauen Himmels zeigt, habe ich im Art. *Abendröthe* erwähnt; wie diese Farben als sich einander *fordernde* im Auge entstehen, werde ich später in diesem Artikel zeigen, wo denn auch von den farbigen Schatten mit ihren, als Ergänzungsfarben zu einander gehörenden Farben die Rede seyn wird.

Epoptische und entoptische Farben.

22. Den Namen epoptische Farbe hat v. Göthe den Farben beigelegt, die wir unter mancherlei Umständen an der Oberfläche der Körper entstehen sehen, und unter welchen die Farbenringe, die ich im Art. *Anwandlungen* beschrieben habe, die vorzüglichsten sind[1].

Daſs diese Farbenringe, deren Beschreibung ich hier nicht wiederholen will, da entstehen, wo von einer sehr dünnen Schicht eines durchsichtigen Körpers einige Farbenstrahlen zurückgeworfen werden, während die übrigen hindurchgehen, ist one so genau der Erscheinung gemäſse Behauptung, daſs man kein Bedenken tragen kann, dieses als eine Thatsache anzusehen. Auch das ist hinreichend bestätigt, daſs die Farbenstrahlen, die bei der Dicke = a der durchsichtigen Schicht unter bestimmtem Winkel zurückgeworfen werden, eben diese Zurückwerfung auch bei der Dicke = 3a; = 5a; = 7a erleiden, dagegen bei der Dicke = 2a; = 4a; = 6a; vollkommen durchgelassen werden. Zeigen sich diese Farben auf einer Luftschicht

1 v. Göthe rechnet mehrere Fälle hierher, von denen es zweifelhaft ist, ob sie hierher gehören, z. B. die Farben, die an dem Sprunge einer soliden Glasmasse sich zeigen.

Digitized by Google

zwischen der convexen Oberfläche eines Linsenglases und d
ebenen Oberfläche eines gewöhnlichen Glases, so sind es Fa
benringe, die kreisförmig um den Mittelpunct, wo beide Gläs
einander berühren, sich bilden. Die Ordnung, wie die Farbe
sich da zeigen, der Grund, warum in den äufseren Ringen g
mischte Farben sichtbar werden, das Gröfserwerden der Ring
wenn bei veränderter Stellung des Auges die Strahlen unt
schiefern Winkeln ins Auge kommen, ist im Art. *Anwand
lungen* genauer betrachtet[1].

Wegen dieser ungleichen Gröfse der Farbenringe, die vo
der Lage des Auges abhängt, entsteht der Wechsel der Farbe
bei veränderter Stellung des Auges.

Ist die Luftschicht nicht so regelmäfsig, so zeigen sic
zwischen zwei an einander gedrückten Glasplatten oder Prisme
eben solche Farben, die aber nun andere Linien, so wie es d
Lage der einander gleich nahen Puncte der Oberflächen und wi
es die Lage des Auges fordert, bilden. Eben diese Farben sin
es, die sich auf den Seifenblasen zeigen, wo die ungemei
dünne Schicht Wasser nach ähnlichen Gesetzen wirkt, wie i
den vorigen Fällen die Luftschicht. Auch dünne Blättche
fester Körper zeigen Farben nach eben den Gesetzen. Ist näm
lich die Dicke des Blättchens so geringe, dafs jene Zurückwe
fung einiger Farbenstrahlen statt findet, während andere durc

---

1 Zu der dort in No. 15. gemachten Bemerkung glaube ich no
etwas beifügen zu müssen. Wenn man nicht blofs 7 Farbenstrah
annimmt, sondern, wie es Natur gemäfser scheint, eine nach de
Gesetze der Stetigkeit durch unendlich kleine Abstufungen fortgehen
Ungleichheit der Brechbarkeit: so läfst sich einsehen, dafs zwar a
Strahlen, deren Brechbarkeit zwischen gewissen Grenzen liegt, de
Auge die Empfindung des Violett geben, während doch jeder von i
nen seinen Weg anders, nach Mafsgabe der ungleichen Brechbarke
fortsetzt. Der Strahl, der in der geometrischen Mitte des rein vi
letten Farbenringes im einfarbigen Lichte von der dünnen Luftschic
zurückgeworfen wird, mag immer vollkommen zurückgeworfen we
den, so wird doch immer der auf eben den Punct fallende näc
Strahl von etwas anderer Brechbarkeit hier durchgehen; und da
einfallende Strahl nie ein im strengsten Sinne einziger ist, der n
ein einziges Theilchen von der Brechbarkeit, die z. B. dem gen
mittlern Violett zukommt, enthielte, so erklärt sich völlig, warn
theils die Farbenringe eine gewisse Breite haben, theils auch selb
da, wo eine gewisse Farbe zurückgeworfen wird, dennoch einige Fa
benstrahlen derselben Art durchgehen.

Digitized by Google

lassen werden, so zeigen sie sich dem Auge, welches re-
ectirte Strahlen von ihnen erhält, in jener Farbe. Aber die
nter verschiedenen Winkeln auffallenden Strahlen erleiden eine
ngleiche Zurückwerfung, indem andere Farbenstrahlen bei ei-
em andern Winkel zurückgeworfen werden; es zeigt sich daher
eils, wenn das Blättchen grofs genug ist, um diese für ver-
hiedene Puncte eintretende Ungleichheit der Winkel merklich
erden zu lassen, eine verschiedene Farbe in verschiedenen
ncten, theils bei veränderter Lage des Auges eine Aenderung
r Farbe, ein Farbenspiel, das noch mannigfaltiger wird, wenn
Blättchen keine genaue Ebene darstellt, sondern hier und da
er andern Winkeln gegen das Licht und gegen das Auge ge-
gt ist. Folgendes von Biot[1] entlehnte Beispiel erläutert die-
noch mehr. Er nahm ein Micablättchen (Glimmer), welches
r lebhafte Farben gab. Um es besser zu beobachten, ward
horizontal auf eine schwarze Unterlage gelegt, und nun, in-
n es dem Lichte glänzender Wolken ausgesetzt war, unter
schiedenen schiefen Winkeln betrachtet. Bei senkrecht ein-
nden Strahlen zeigte das Blättchen ein lebhaftes Grün, wel-
dem dritten Farbenringe (und dieser entsteht bei Luftschich-
wenn die Dicke $\frac{252}{10000000}$ eines engl. Zolles ist[2]), zu ent-
chen schien; liefs man dagegen bei einer andern Stellung
Auges die schiefer einfallenden Strahlen ins Auge gelangen,
ng die Farbe zum Blau, zum Purpur, zum Roth über, und
letztere, anfangs etwas dunkel, erhellte sich jemehr und
r, je kleiner der Winkel zwischen dem Strahle und der
e wurde. Aus der Folge dieser Farben liefs sich schliefsen,
das letzte Roth zwischen dem Ponceauroth und dem glän-
en Roth des zweiten Farbenringes liege, (Farben, denen im
l die Dicke $= \frac{190}{10000000}$ in einer Luftschicht bei senk-
en Strahlen entspricht.) Dafs diese Farben wirklich den
ebenen Farbenringen der dritten und zweiten Ordnung
echen, läfst sich noch näher nachweisen, wenn man nach
ormeln[3] (Art. *Anwandlungen* No. 13. 14.) rechnet. Ist

Biot Tr. d. phys. IV. 79.
Vergl. Art. *Anwandlungen*. S. 312.
Biot IV. 27.

nämlich $\frac{m}{n}$ das Brechungsverhältnifs für Glimmerblättchen, s

würde $\frac{m}{n}$ 25,2 Milliontheilchen die Dicke seyn, wobei sie jene

grünen Strahl senkrecht zurückwerfen, und $\frac{m}{n} . 19. \text{Sec. } u = \frac{m}{n} . 25,$

Millionth. würde, wenn $\text{Sin. } u = \frac{105 + \frac{m}{n}}{106} \text{Sin. } r$ ist, di

Dicke für den rothen Strahl der zweiten Ordnung ausdrücke wenn r der Brechungswinkel ist. Die erste Gleichung gieb

hier $\text{Cos. } u = \frac{19}{25,2}$; $u = 41^\circ\, 3'\, 50''$.

$\text{Sin. } u = 0,6569 = \frac{105 + \frac{m}{n}}{106} \text{Sin. } r$, welches, weil $\text{Sin. } r = \frac{n}{m}$ is

wenn der Einfallswinkel $= 90^\circ$ ist,

$\text{Sin. } u = 0,6569 = \frac{105}{106} . \frac{n}{m} + \frac{1}{106}$; $\frac{n}{m} = 0,6536$; $\frac{m}{n} = 1,53$ gieb

Aus den beiden Farbenbeobachtungen ergiebt sich also, da das Brechungsverhältnifs = 1,53 für das Glimmerblättchen sey mufste, und dieses Brechungsverhältnifs ist dem, was ähnlich Körper (Bergkrystall = 1,56, Doppelspath = 1,66, Crowng = 1,53) geben, recht wohl entsprechend.

Mit diesen auf der Oberfläche der dünnen Blättchen e scheinenden Farben sind immer Erscheinungen ähnlicher A vermöge der durchgelassenen Farbenstrahlen verbunden. Wi nämlich bei auffallendem weifsen Lichte eine Farbe zurückg worfen, so müssen die sämmtlichen durchgelassenen Strahl die Ergänzungsfarbe (No. 21) zu jener bilden. Dafs diese si wirklich zeigt, ist schon im Art. *Anwandlungen* gesagt; ist aber matt oder mit Weifs vermischt, weil immer auch Fa benstrahlen der Art, die zurückgeworfen werden, die wei stens dem Auge eben die Farbenempfindung erregen, durchg hen, wovon ich den Grund kurz vorher in der Anmerkung a gegeben habe.

Uebrigens gehören hierher die bunten Farben, die man o wenn Wasser mit einem sehr dünnen Häutchen bedeckt ist, a

Digitized by Google

demselben sieht[1]. Auch das Anlaufen des Stahls rechnet man hierher, indem auch die hierbei entstehenden Farben einer sehr dünnen Schicht anzugehören scheinen.

23. Was wir hier durch sehr dünne Blättchen bewirkt sehen, kann sich auch auf dickeren Platten durchsichtiger Körper zeigen. Am schönsten geschieht dieses bei den Seebeck'schen Farbenerscheinungen; wo einige Lichtstrahlen durch Polarisirung unfähig gemacht sind zurückgeworfen zu werden, und andere farbige Lichtstrahlen dagegen vollkommen reflectirt werden Diese Farbenerscheinungen, die Seebeck *entoptische* nennt, weil sie den Anschein haben, als entständen sie im Innern der Körper, scheinen gleichwohl mit den vorigen auf dünnen Blättchen, die man ebenfalls durch polarisirte Strahlen schön zeigen kann, in eine Classe zu gehören[2]. Die Beschreibung der vielen Farbenphänomene, die mit der Polarisirung des Lichtes verbunden sind, mufs ich hier übergehen.

Eine Erscheinung, die Newton beschreibt, und die er sowohl als Biot hierher rechnet, führe ich an, ohne zu entscheiden, ob sie wirklich hierher gehört. Er liefs auf einen gläsernen Hohlspiegel Licht durch eine kleine Oeffnung fallen und erblickte nun theils durch das zurückgeworfene Licht Farbenringe um diese Oeffnung oder auf einer dem Spiegel gegenüber gestellten weifsen Fläche, theils sah er auch, wenn er das Auge an die Stelle brachte, wo sich auf der Tafel die Ringe gezeigt hatten, den Spiegel selbst mit Farbenspiel bedeckt. Ich werde hierüber im Art. *Farbenringe* noch etwas mehr sagen[3].

Katoptrische Farben.

24. Obgleich alle eben beschriebenen Farbenphänomene auch durch reflectirtes Licht hervorgehen, so führt doch v. Göthe unter dem Namen *katoptrischer Farben*[4] einige andere Erscheinungen an, die allerdings eine eigene Classe zu bilden

---

1 Vorzüglich schön und schnell wechselnd sieht man sie, wenn man an einem Metalldraht einen kleinen Tropfen ätherischen Oeles auf die Oberfläche von Wasser bringt.

2 Vgl. Art. *doppelte Brechung*. No. 14. und Art. *Polarisirung des Lichts*.

3 Biot. IV. 175.

4 Farbenlehre I. S. 142.

Digitized by Google

scheinen. Die Erscheinungen sind zum Theil bekannt genug. Wenn man z. B. eine polirte Silberplatte nimmt, in welcher sich aber einige feine Linien eingerissen befinden, so erscheinen an diesen bunte Farben, besonders Grün und Purpur. Läfst man eine Silberplatte von Scheidewasser so anfressen, dafs das Kupfer aufgelöfst wird, so bietet die nun nicht mehr ganz gleiche Oberfläche glänzende mit bunten Farben gezierte Puncte dar. Etwas ähnliches zeigt sich überall, wo eine nicht ganz gleichförmige Oberfläche Licht zurückwirft, an den Fäden der Spinnengewebe, an Haaren, endlich vorzüglich schön und mannigfaltig am Perlmutter.

Dafs diese Farben durch sehr feine Furchen in der übrigens polirten Oberfläche entstehen, hat schon Young erkannt, der diese Farben aus dem Zusammentreffen zweier Lichtportionen erklärt, deren eine an der einen Seite, die andere an der andern Seite der Furche zurückgeworfen wird[1]. Er stellte seine Beobachtungen an Mikrometern an, die in Glas eingerissen, 500 Parallellinien auf den Zoll enthielten[2].

Einen Gebrauch von diesen gefurchten Flächen, um schön ins Auge fallende Farben-Erscheinungen zu bewirken, hat Barton zuerst öffentlich bekannt gemacht. Eine sehr genau gearbeitete Theilmaschine erlaubt ihm, Linien in Stahl einzuschneiden, die nur $\frac{1}{10000}$ Zoll von einander entfernt sind, und die Kunst, die von ihm sogenannte *Iris ornaments*, Regenbogen-Verzierungen zu machen, besteht darin, dafs er diejenigen Theile der Metallflächen, die zu diesen Verzierungen bestimmt sind, mit gleich entfernten Linien versieht. Wenn er die Linien in minder kleinen Abständen von einander einschnitt, so zeigten sich die das Hauptbild eines leuchtenden Punctes begleitenden Farbenbilder jenem Hauptbilde näher und standen auch selbst einander näher; sind dagegen die Parallellinien sehr nahe an einander, so stehen die Bilder weiter von einander ab und sind sehr lebhaft. Im Sonnenlichte zeigen diese gefurchten Flächen ein Farbenspiel, das Barton mit den schönen Lichtblitzen des Diamants vergleicht. Bei so eng gezogenen Linien, dafs 5000 bis 10000 auf den Zoll kamen, zeigten sich die Bilder am schönsten[3].

---

1 S. Art. *Interferenzen.*

2 Gilb. Ann. XXXIX. 186.

3 Edinburgh. philos. Journ. No. XV. p. 128. und Gilb. Ann.

Digitized by Google

Ehe ich zu dem übergehe, was Biot und Fraunhofer zur Erklärung dieser Phänomene gesagt haben, will ich vorher ein zur Beobachtung derselben sehr brauchbares Instrument beschreiben, welches von dem sehr geschickten Mechanicus Hoffmann in Leipzig angegeben ist. An der Axe A, die vermittelst des in der Figur sichtbaren runden Kopfes gedreht werden kann, ist im Innern des 1 Zoll hohen Cylinders, dessen Grundfläche die Figur zeigt, eine schön polirte Stahlplatte befestigt, auf welcher mit einer sehr genauen Theilmaschine feine Linien mit Diamant in gleichen Abständen eingerissen sind; die Linien fallen am zweckmäfsigsten aus, wenn man 3000 auf den Paris. Zoll nimmt. Diese kleine mit feinen Linien erfüllte Fläche erhält, da das cylindrische Gefäfs sonst überall geschlossen ist, einzig durch einen in der krummen Fläche des Cylinders bei B offen gelassenen Spalt, den man durch einen Schieber nach Willkür verengen kann, auffallendes Licht; die zweite Oeffnung C des cylindrischen Gefäfses, auf welche das 8 Zoll lange Rohr CD, ohne Gläser[1], aufgeschraubt ist, weiset dem Auge seine zur Beobachtung angemessene Stelle an; das Rohr enthält bei C eine Blendung, welche nur eine, der lineirten Fläche gleiche Oeffnung hat. Am Umfange des Kreises CB ist eine Gradtheilung, die ihren Anfangspunct da hat, wo die Axe des Rohres liegt; sie giebt halbe Grade an, und ein mit der Axe A verbundener Zeiger, der immer eine senkrechte Lage gegen die Spiegelplatte behält, zeigt bei jeder Stellung der Stahlplatte den Winkel an, den die Gesichtslinie mit dem Einfallslothe macht. Fig. 21.

Um hier die Farbenfolgen, die vermöge der eingerissenen Linien sich zeigen, auf einmal zu übersehen, kann man das Rohr abschrauben und das Auge dicht an C bringen. Stellt man dann den Zeiger auf $32\frac{1}{2}$°, (weil zwischen der Lage des Auges und des Spalts 65 Grade enthalten sind) und läfst nur einen sehr engen Spalt offen, so sieht man das Bild des durch diesen Spalt

LXXIV. 379. Solche irisirende Knöpfe werden jetzt in England und in Frankreich aus Messing verfertigt, indem man auf ihre Ebene die gefurchten Flächen mit Stempeln aufträgt. Gegen das helle Sonnenlicht gehalten reflectiren sie gegen eine weifse Papierfläche einen Kreis mit sehr vielen höchst lebhaften prismatischen Farbenbildern.

1 In der Figur nicht in seiner ganzen Länge gezeichnet.

Digitized by Google

sein Licht hereinsendenden Himmels als Spiegelbild in der Mitte des Gesichtsfeldes, daneben an beiden Seiten einen dunkeln Raum, an welchen sich dunkel violett, blau, grün, gelb, roth, so anschliefst, dafs Roth in dieser Farbenfolge den entferntesten Platz einnimmt. An diese erste Farbenfolge schliefst sich eine zweite, — nur durch einen kleinen dunkeln Raum von jener getrennt, — die breiter aber minder lebhaft ist und eben die Farben enthält. Die dritte Farbenfolge, die noch mehr Raum einnimmt, bekömmt man zu sehen, wenn man den Zeiger bis zu 26° fortrückt, sie fängt mit einer wenig erleuchteten Farbenmischung, die sich als ein sehr dunkles Grün zeigt, an; daran grenzt ein ins Rothe fallendes Violett, dem ein reines Blau (das Blau der dritten Ordnung) folgt. Dreht man den Zeiger weiter, so zeigt sich ein schmutziges, ins Gelbliche hinübergehendes Weifs, dann reines Gelb, schönes helles Roth, Purpur, Blau (also Blau der vierten Ordnung); diese Farben treten nach und nach, so wie man weiter dreht, ins Gesichtsfeld, und endlich folgt mit immer minderem Lichte Grün, schmutziges Gelblichgrün, an welches röthliches Violett grenzt, und zuletzt das fünfte Blau, wenn das Auge senkrecht in den Spiegel sieht. An der andern Seite ist die Folge der Farben ziemlich, jedoch nicht ganz so; der Unterschied hat seinen Grund in der beim Drehen der Axe anders bestimmten Lage der Spiegelfläche gegen das Auge.

Bedient man sich des Rohres, das eine enge Oeffnung, um dem Auge seinen bestimmten Platz anzuweisen, hat, so kann man genauer angeben, wann jede Farbe in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint. Richtet man dann den offenen Spalt nach der Sonne zu und stellt das Auge so, dafs es von dem zurückgeworfenen Glanze nicht zu sehr geblendet wird, so erscheinen nicht blofs die auf der Stahlplatte sich darstellenden Farben im schönsten Glanze, sondern man sieht auch den Wiederschein derselben an der innern Wand des Rohres ganz wie prismatische Bilder vorbeigehen.

Um über die genaue Lage, wobei jede einzelne Farbe reflectirt wird, unterrichtet zu seyn, mufs man die verschiedenen durch das Prisma getrennten Farbenstrahlen auf den Spalt fallen lassen, wobei man zugleich die Farben-Erscheinungen auf eine ungemein schöne Weise, jede Farbe vollkommen rein und bei

Digitized by Google

fortwährend geänderter Stellung der Axe periodisch mit erneuertem Glanze wiederkehrend sieht[1].

Biot erklärt diese Phänomene eben so, wie die bei der Beugung[2] entstehenden. Er beobachtete ihr Entstehen theils auf sehr schmalen, oder wegen der sehr geneigten Lage des ausfallenden Strahles wenigstens als sehr schmal erscheinenden polirten Flächen, theils auf gefurchten Flächen. Im letzteren Falle nimmt er an, die im Boden der Furche reflectirten Strahlen würde an den Rändern der Furche der Wirkung der Beugung oder Diffraction ausgesetzt; aber auch die schmalen, zwischen den Furchen liegenden Streifen werfen seiner Meinung nach ein durch Diffraction modificirtes Licht zurück[3].

Auch Fraunhofer stimmt in diese Erklärung ein. Er liefs das Licht von einer mit Goldblättchen belegten Glasplatte, wo im Goldblättchen feine Parallellinien radirt waren, zurückwerfen, und fand eben solche Farbenspecter, als wenn das Licht durch ein aus nahe bei einander stehenden Parallellinien gebildetes Gitter gegangen wäre[4].

25. Ueber das *Farbenspiel auf Perlmutter* hat Brewster genaue Beobachtungen angestellt[5]. Auch da hängt das Phänomen von Furchen auf der Oberfläche ab, und zeigt sich am regelmäfsigsten, wenn die Blättchen parallel sind. Betrachtet man die Oberfläche des Perlmutter mit starker Vergröfserung, so erkennt man diese Furchen, die sich durch kein Schleifen oder Poliren fortschaffen lassen. Bei regelmäfsiger Bildung des Perlmutter sind diese feinen Furchen parallel, sonst oft auch in allerlei Richtungen gekrümmt. Die Furchen sind zuweilen schon mit achtmaliger Vergröfserung zu erkennen, oft aber so eng, dafs man 3000 Furchen auf einen Zoll rechnen kann. Drückt man die Oberfläche des Perlmutter in Kitt, in feines schwarzes Siegellack, in Wachs, in arabischen Gummi, in Goldblättchen,

1 Eine umständlichere Erzählung würde hier zu viel Platz rauben, ich hoffe sie an einem andern Orte mitzutheilen. Das Instrument selbst möchte ich das *Hoffmann'sche Inflexioskop* nennen, da es die Erscheinungen der Inflexion zeigt. Hoffmann selbst nennt es *Chromadot*, Farbengeber.

2 S. Art. *Inflexion.*

3 Biot Tr. d. ph. IV. 772.

4 Schuhmacher's astron. Abh. 2tes Heft. S. 97.

5 Philos. Trans. for 1814. p. 397.

Digitized by Google

die auf Wachs liegen, ab, so zeigen diese Körper eben die Eigenschaften in Beziehung auf das reflectirte Licht.

Nach BREWSTER's Beobachtungen zeigt sich auf regelmäſsigen, gut geschliffenen, aber nicht polirten Perlmutterstücken auſser dem Hauptbilde eines Lichtes noch ein doppeltes farbiges Nebenbild, und die Lage dieser Bilder hängt von der Stellung der Perlmutterplatte ab. In dem schön gefärbten Nebenbilde, welches dem Hauptbilde am nächsten lag, zeigte sich das Blau diesem am nächsten; das entferntere Bild lag immer mit jenen beiden in derselben geraden Linie, zeigte sich als eine undeutlicher begrenzte Licht-Erscheinung, die bei groſsen Einfallswinkeln schön roth, bei kleinern grün, bei noch kleinern gelblich weiſs war; die Farben hingen mit von der Dicke des Blättchens ab. Wird die Oberfläche polirt, so sieht man an der entgegengesetzten Seite ein dem ersten Nebenbilde ähnliches Bild[1].

Ich bin ungewiſs, ob auch das Opalisiren hierher gehört; es scheint ebenfalls in der Lage der Blättchen des opalisirenden Körpers — des Opals, des Schillerspaths, des Labradors, des opalisirenden Muschelmarmors — seinen Grund zu haben. Ob das Farbenspiel des Dichroits und ähnlicher dichroitisch farbenspielender Körper mehr hiermit oder mit der Polarisirung des Lichts zusammenhängt, scheint auch noch unentschieden.

Paroptische Farben.

26. *Paroptische* nennt v. GÖTHE die Farben, die sich um das durch sehr enge Oeffnungen in das dunkle Zimmer einfallende Licht zeigen. Man hat sie auch perioptrische genannt. Da das, was man, um sie zu erklären, anführt, im Art. *Inflexion* vorkommt, so erzähle ich hier nur kurz die Erscheinungen.

Läſst man den Sonnenstrahl durch eine nicht allzu kleine runde Oeffnung in das dunkle Zimmer einfallen, und fängt man ihn auf einer weiſsen Tafel auf, so zeigt sich das runde Sonnenbild gleichförmig weiſs. Stellt man aber diesem Strahle einen undurchsichtigen Körper entgegen, in welchem nur eine Oeffnung wie ein feiner Nadelstich angebracht ist: so zeigen sich um das auf einer weiſsen Tafel aufgefangene, von den durch

1 Der Art. *Zurückwerfung*, ungewöhnliche, wird das Nähere angeben.

Digitized by Google

diese kleine Oeffnung gehenden Strahlen hervorgebrachte Sonnenbild farbige Kreise. Diese Farbenringe haben ihr Violett und Blau innen, ihr Orange und Roth aufsen. Bringt man das Auge an die kleine Oeffnung und sieht nach der gröfsern, durch welche das Licht eingelassen wurde, so sieht man diese mit Farbenringen umgeben, die nichts anders sind, als der Eindruck eben derjenigen Farben auf die Netzhaut des Auges, welche wir bei dem vorigen Versuche an der Wand sahen.

Wie viel schöner diese Farben-Erscheinungen sich zeigen, wenn man den leuchtenden Gegenstand durch ein Netz sehr feiner gleich weit von einander gezogener Fäden ansieht, hat Fraunhofer sorgfältig untersucht und beschrieben. Die wiederholten Farbenbilder kehren immer ihr Violett gegen das Hauptbild zu, ihr Roth davon abwärts. Aehnliche farbige Bilder der Lichtflamme sieht man, wenn man zwischen den Augenwimpern durch auf die Lichtflamme blickt. Am schönsten nimmt man sie wahr, wenn man die unbeschädigte Fahne einer Rabenfeder vor das Auge hält, und die Sonne hindurch anblickt. Die Erscheinungen, wie sie durch zwei oder mehr einander ganz nahe feine Oeffnungen sich darstellen[1], findet man bei Fraunhofer abgebildet.

Man erklärt aus diesen paroptischen Erscheinungen die Höfe um Lichter und um Sonne und Mond, die durch Dünste oder Wolken hervorgebracht werden.

Natürliche Farben der Körper.

27. Es ist eine bekannte Erfahrung, dafs die Farbe der Körper, die wir ihre *natürliche Farbe* nennen, von dem auf sie fallenden Lichte abhängt. Die Gegenstände, die wir im hellen Tageslichte weifs nennen, erscheinen uns roth, wenn die roth untergehende Sonne sie bescheint, und wegen des gelben Lichtes, welches unsere Kerzenlichter und Lampen geben, irren wir uns nicht selten in der Farbenbestimmung, indem wir bei Kerzenlichte zuweilen das für grün halten, was uns am Tage blau erscheint u. s. w. Noch auffallender wird dieses, wenn das farbige Licht, wie es von durchsichtigen, farbigen Körpern durchgelassen oder durch Zerlegung der weifsen Strahlen vom

1 Fraunhofer über neue Modificationen des Lichts in Schumacher's astron. Abh. 2tes Heft.

Digitized by Google

Prisma hervorgebracht wird, die Körper erleuchtet; denn da erscheint uns im blauen Strahle des durchs Prisma gebrochenen Lichtes ein Körper, der irgend bedeutend viel Licht zurückwirft, blau, wenn er auch im gewöhnlichen Lichte roth erschien.

Die auffallendsten Beweise für die Behauptung, dafs die Farben der erleuchteten Körper von dem Lichte, welches auf sie fällt, abhängen, geben einige künstliche Beleuchtungen. Wenn man einen baumwollenen Docht mit gewöhnlichem Küchen - Salze stark einreibt, so dafs er viele Salztheilchen zwischen seinen Fäden enthält, und ihn dann in eine Weingeistlampe gesetzt anzündet, so giebt er ein hinreichend helles, fast ganz einfarbiges, gelbes Licht. Von der — zwar nicht ganz vollkommen, aber doch sehr wenig von der Vollkommenheit abweichenden — Homogeneität dieses Lichts überzeugt man sich, wenn man die Flamme durch ein Prisma besieht, wo sich an ihr gar kein Roth oder Grün, oder Blau, sondern neben der rein gelben Flamme nur ein sehr mattes violettes Bild zeigt; dieses Violett ist aber so matt, dafs es auf die gleich zu beschreibenden Phänomene keinen merklichen Einflufs zeigt, so dafs ich die Flamme beinahe als ein einfarbiges Gelb ansehen darf. Diese Flamme zeigt nun im völligen Dunkel eine völlige Aufhebung aller Farben, das Gelb ausgenommen. Alles Roth, das ein wenig ans Gelbe grenzt, zeigt sich in diesem Lichte schmutzig gelb, aber durchaus ohne Roth. Ein Roth, das ganz von Gelb frei ist, erscheint schwarz oder allenfalls ein wenig in Braungelb hinübergehend; helles Grün, helles Blau erscheint grau oder gelblich - grau. Betrachtet man zum Beispiel die schöne Farbentafel in Göthe's Farbenlehre (Tab. III.) so erscheint das Weifse und Gelbe gelblich - weifs, das Roth schwärzlich - grau, das Blau völlig schwarz; dafs andere Farben vorkommen, bemerkt man durchaus nicht[1].

Wenn wir also einem Körper eine Farbe beilegen, die ihm eigenthümlich ist, so darf man dieses zwar nicht so verstehen, als ob diese Farbe ihm, wie Härte, Weichheit und andere Eigenschaften, immer eigen sey; denn ohne Licht ist die Farbe nichts. Aber gleich wohl ist der Ausdruck, die Farbe

---

1 Mehrere ähnliche Versuche beschreibt Talbot Edinb. Journ. of Science. No. IX. p. 77. Brewster's monochromatische Lampe leistet etwas Aehnliches. Poggendorf's Annalen II. 98.

ey dem Körper *natürlich* und *eigenthümlich*, deswegen verstattet, weil er die Eigenschaft besitzt, da, wo alle Farbenstrahlen, im weißen Lichte, ihn treffen, unserm Auge gerade diejenigen Farbenstrahlen zuzusenden, die wir als seine eigenthümliche Farbe ansehen. Indeſs darf man nicht glauben, daſs der rothe Körper einzig die rothen Strahlen zurückwerfe. Daſs dieses nicht im strengsten Sinne so sey, erhellet schon daraus, weil der Körper sonst im blauen Sonnenlichte, wie das Prisma es darstellt, vollkommen dunkel erscheinen müſste, wenn er gänzlich unfähig wäre, andere als rothe Strahlen zurückzuwerfen; es zeigt sich uns aber auch, wenn wir gefärbte Körper durch das Prisma betrachten, wo sie sich uns fast allemal mit Farbenrändern, worin andere Farben kenntlich sind, zeigen. Die Oberfläche der rothen Körper wirft nämlich zwar vorzüglich rothes Licht zurück, und absorbirt einen groſsen Theil der übrigen Farbenstrahlen oder macht sie unwirksam; aber dennoch ist fast immer noch ein geringer Antheil weiſsen Lichtes dem rothen beigemischt und so in allen Fällen[1].

Wie es sich mit der Modification des Lichtes eigentlich verhält, vermöge welcher gewisse Farbenstrahlen von den Körpern vorzugsweise zu unserm Auge gelangen, ist schwer zu bestimmen, doch geben folgende Ueberlegungen einige Aufschlüsse, wenn sie gleich noch vieles zu erklären übrig lassen. Eben so wie bei den weiſsen Körpern immer ein groſser Theil des Lichtes verloren geht, und nur ein Theil in dem, was wir Erleuchtung einer Fläche nennen, uns sichtbar wird, eben so geschieht es auch hier, nur mit dem Unterschiede, daſs dieses verloren gegangene Licht hier nicht für alle farbigen Strahlen einerlei Verhältniſs zu dem zurückgeworfenen oder von der Oberfläche des Körpers zurückgesendeten Lichte hat. — Auch bei den Körpern, die wir weiſs nennen, ist die Menge des absorbirten Lichtes sehr ungleich und das Weiſs neigt sich zum Grau hin, wenn die erleuchtete Fläche wenig Licht zurückgiebt; eben so ist es auch bei den farbigen Körpern, aber da hier die Absorption für jede Art von Strahlen eine andere ist, so entsteht die unendliche Mannigfaltigkeit von Farben und Farbenmischun-

1 Indeſs zeigen die eben erwähnten Versuche, daſs diese Beimischung doch oft sehr geringe ist.

Digitized by Google

gen in allen auch nur möglichen Graden von Lebhaftigkeit und Glanz, von Helle oder Tiefe.

Von dem Einflusse, den die absorbirten Strahlen auf den Körper haben, der sie anscheinend in sich aufnimmt, wissen wir wenigstens das, dafs sie auf die Erhöhung der Temperatur einwirken, und dieses ziemlich in einem Grade, den man der Menge des absorbirten Lichtes proportional nennen möchte, wenn gleich diese Menge nicht so genau bestimmbar ist.

Boyle hat schon durch eine Reihe von Versuchen das näher bestimmt, was allerdings schon aus gewöhnlicher Erfahrung bekannt seyn mufste, dafs schwarze Körper sich mehr erhitzen, als weifse. Er zeigte auch, dafs schwarze Körper wenig Wärme reflectiren[1]. Später hat Franklin, indem er das Schmelzen des Schnees unter darauf gelegten ungleichfarbigen Körpern beobachtete, die Ungleichheit der Erwärmung bei verschiedene Farben nachgewiesen. Etwas mehr leisten Leslie's Versuche[2], der die Kugeln von Thermometern mit verschiedenen farbigen Ueberzügen versah, und das ungleiche Steigen der Thermometer beobachtete. Er liefs auch das von farbigen Flächen reflectirte Licht oder vielmehr die reflectirte Wärme auf Thermometer mit geschwärzten Kugeln fallen, und fand, dafs rothe Flächen fast eben so viel Licht als weifse zurückwerfen; blaue Flächen dagegen warfen am wenigsten Licht zurück. Böckmann hat ähnliche Versuche angestellt, die überhaupt die verschiedenen Umstände, von denen die Erwärmung durch die Sonne abhängt, betreffen[3].

28. Unter den Erklärungen, wie das Licht an der Oberfläche der Körper modificirt werde, um uns diese als verschiedenfarbig zu zeigen, hat die von Newton[4] aufgestellte Vergleichung mit den Farben dünner Blättchen am meisten Beifall bei den Physikern gefunden. Man könnte die Frage, warum eine bestimmte Fläche nur die bestimmte Art von Farbenstrahlen als eigenthümliche Farbe des Körpers aussendet, dadurch beantworten, dafs man jedem Körper eine bestimmte Affinität zu den

---

1 Priestley's Geschichte der Optik. S. 117. der Uebers.

2 Gilb. Ann. X. 90.

3 Gilb. Ann. X. 359. XII. 404. Böckmann über die Fähigkeit verschiedener Körper, durch die Sonne erwärmt zu werden.

4 Optice Lib. 2. Pars. 3.

Digitized by Google

verschiedenen Lichtstrahlen zueignete; aber Newton glaubte den Erscheinungen mehr Genüge zu thun, indem er ohngefähr folgende Ansicht faſste:

Bekanntlich entsteht Zurückwerfung der Lichtstrahlen an der hintern Seite durchsichtiger Körper da, wo der Strahl in die Luft hervorgehen sollte. Im Allgemeinen findet Zurückwerfung des Lichtes da statt, wo ein Uebergang aus einem Mittel in ein anderes von mehr oder minderer Brechungskraft vorkömmt, und sie ist um desto stärker, je gröſser diese Ungleichheit der brechenden Kraft ist.

Die undurchsichtigen festen Körper scheinen aus sehr dünnen, durchsichtigen Theilchen zu bestehen, deren Zwischenräume mit Materien, die das Licht weit weniger brechen, angefüllt sind, und die Undurchsichtigkeit entsteht durch die wiederholten Zurückwerfungen im Innern der Körper. Diese dünnen Blättchen, aus welchen die Körper zusammen gesetzt sind, müssen nun, nach Maſsgabe ihrer Dicke und Brechungskraft bald die eine, bald die andere Art von Farbenstrahlen leichter zurückwerfen, während sie die ihnen zugehörenden Ergänzungsfarben leichter durchlassen, gerade so wie es im Art. *Anwandlungen*, und oben bei Gelegenheit der *epoptischen Farben* gezeigt ist.

Einen nicht unwichtigen Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese giebt das Verhalten dünner Goldblättchen, wenn man sie auf helles, weiſses Glas aufklebt, in welchem Falle sie die natürliche Farbe des Goldes reflectiren, die grüne aber durchlassen. Prevost[1] hat aber gezeigt, indem er das Licht wiederholt von den nämlicheu polirten Metallflächen reflectirt werden lieſs, daſs alle Metalle durch das zugleich zurückgeworfene viele weiſse Licht eine andere Farbe zeigen, als sie wirklich haben, und daſs es somit namentlich kein eigentlich weiſses Metall giebt. Das Gold erschien auf diese Weise roth, und in den dünnsten Blättchen zeigt es also durch Reflexion die durch vieles Weiſs zum Gelben modificirte rothe Farbe, während die grüne Farbe durchgelassen wird, welche jener als complementäre zugehört[2]. Mit andern Metallen, deren vielleicht keines Blättchen von hinlänglicher Feinheit liefert, hat man bisher

1 Ann. Ch. et Ph. IV. 192. 436.
2 Vergl. oben No. 21. unten No. 29.

Digitized by Google

noch keine Versuche zur weiteren Prüfung der Sach gestellt.

Bei einigen Körpern bemerken wir die Uebereinstim ihrer Farben-Erscheinungen mit denen dünner Blättchen noch auffallender, daſs sie uns bei verschiedener Stellu Lichts und des Auges andere Farben darbieten, wie zun spiel die Federn des Pfauenschweifes. Da aus den Beoba gen der von dünnen Blättchen zurückgeworfenen und du lassenen Farbenstrahlen bekannt ist, wie diese Farben v Dicke der Blättchen und der Brechungskraft derselben abh so läſst sich umgekehrt aus der Farbe eines Körpers a Gröſse dieser Theilchen zurückschlieſsen; jedoch muſs m bei mit Sicherheit angeben können, zu welcher Ordnu Farbenringe die Farbe des Körpers zu rechnen sey. Da reine und lebhafte Roth und Gelb kömmt nur in der z Ordnung der Farbenringe vor; in der ersten und dritten nung ist es zwar auch noch ziemlich lebhaft, aber das Ge ersten Ordnung ist doch matter, und das Gelb und Ro dritten Ordnung mit Blau und Violett gemischt; die g Farben sind in der dritten Ordnung am reinsten; das reins glänzendste Weiſs muſs man als der ersten Ordnung zug ansehen, (z. B. die weiſsen Metalle,) minder reines We gegen entsteht bei gröſserer Dicke der Theilchen aus ein schung aller Farben.

Dies sind ungefähr Newton's Ansichten, auf wel und andere Physiker weitere Schlüsse gebaut haben. macht die Bemerkung, daſs der Einwurf, es müsse sich bei a Lage des Auges gegen die Fläche, welche das Licht au eine andere Farbe zeigen, gehoben werde, wenn man kleinen Theilchen der Körper eine sehr starke Brechung beilege, — und diese könne stark seyn, wenn auch der K im Ganzen das Licht nicht so sehr breche[1].

Einige chemische Veränderungen der Farben, wohi auch die allmäligen Farbenwechsel im Pflanzenreiche re kann, glaubt Biot auch nach dieser Ansicht erklären zu nen. Das Grün der Blätter ist von Newton mit Grund a Grün der dritten Ordnung angesehen worden. Wenn n gend eine Aenderung, z. B. beim Welken der Blätter, vo

1 Biot IV. 126. 132.

odurch die Dicke der Theilchen eine Zunahme und die Farbe
ıne absteigende Aenderung (nach der Ordnung der Farbenringe
əsteigend) erleidet, so muſs dem Grün ein Gelb, dann Orange,
ann Roth folgen, so wie das Abwelken weiter fortschritt.
ɪᴏᴛ glaubt, so lange die vegetative Kraft sich noch mehr
ıd mehr entwickelt, gehe die Farbe zu Ringen steigender Ord-
ɪng über, hingegen zu herabsteigender Ordnung, wenn die
flanze zu welken anfängt. Die jungen Eichenblätter gehen
om Roth ins Gelblichgrün und Grün über, so wie in dem
ritten Farbenringe durch zurückgeworfene Strahlen die Farben
nander folgen, wenn man von den äuſsersten Farben in dem-
lben nach innen fortschreitet. Wenn die Blume des Geiſs-
attes sich öffnet, so zeigt sie ein reines Weiſs der ersten Ord-
ıng, welches sich nach und nach ins Gelbliche zieht, wenn
e welkt[1]. Das Geranium sanguineum hat in seiner besten
lüthe *ein* violettliches Roth, welches als der Uebergang von
m *Roth* der ersten Ordnung zum Violett der zweiten Ordnung
zusehen ist; beim Welken wird sie blau — blau der zweiten
rdnung. —

Nach diesen Ansichten hat man nun bei mehrern Körpern
: Dicke der Blättchen anzugeben gesucht. Das tiefste Schwarz,
) fast im strengsten Sinne gar kein Licht zurückgeworfen ward,
obachtete Brewster an einem merkwürdigen Stücke Quarz,
ıs an seinem Bruche vollkommen schwarz erschien; er be-
erkt, dieses müsse dasjenige wahre Schwarz seyn, welches
i Glas nur dann entsteht, wenn das Blättchen $\frac{1}{4}$ des Million-
ıels eines Zolles dick ist, und so dick etwa müſsten die Quarz-
eilchen hier seyn[2].

Newton selbst hat schon ähnliche Betrachtungen über die
öſse der Quecksilbertheilchen angestellt[3], die Biot auf Gold,
ber u. a. erweitert.

29. Die *Intensität* des farbigen Lichtes, welche feste Kör-
: zurückwerfen, hat Lambert untersucht[4]. Um zum Bei-

---

1 Daſs Roth der auffallenden Blume müſste dann wohl das
ich nachher erwähnte Roth im Uebergange von der ersten zur
eiten Ordnung seyn.

2 Poggendorfs Annalen. II. 295.

3 Optice. Lib. II. Pars. 3. Props. 6.

4 Photometria. p. 512 u. f.

Digitized by Google

spiel zu bestimmen, ob rothes Siegellack die rothen Licht- len eben so gut und im Verhältniſs der auffallenden eb reichlich zurückwerfe, als weiſses Papier die Strahlen Farben zurückwirft, legte er Siegellack auf weiſses Papie daſs beide vom hellen Sonnenlichte gleich beleuchtet wu E sah nun das Papier durch ein Prisma an, und zwar i ner solchen Stellung, daſs der rothe Farbenrand zunäcl dem Siegellack erschien, und verglich das so sich zeigende mit einander. Da sich bei dieser Vergleichung kein U schied zwischen dem Roth des Siegellacks und jenes R fand, so schloſs er, die rubedo des Siegellacks sey der des Papiers gleich zu achten, oder vielmehr, weil die fa Strahlen des Papiers durch das Prisma gingen, statt da Siegellack mit bloſsem Auge angesehen wurde, jene sey um ein Viertel geringer als diese.

Dies Experiment könnte man, glaubt Lambert, für und Violett immer anwenden, und da die Intensität der l geringer sey, einen weiſsen Körper von geringerer Weiſs wenden. Für die Farben, welche den mitten im Fa spectrum liegenden Strahlen entsprechen, lasse sich dies gleichung nicht gut gebrauchen. Folgendes Hülfsmittel dagegen allemal zur Vergleichung dienen. Man lasse recht sorgfältig verfinsterte Zimmer durch zwei runde Oe gen Licht einfallen, lasse Lichtstrahlen auf ein Brenngla len, und nachdem sie durch dieses gegangen und vom aufgefangen sind, stelle man den beiden Lichtstrahlen angemessenen Entferaung, um das Bild der runden Oe deutlich zu zeigen, eine farbige und eine weiſse Tafel gen. Ist die farbige Tafel zum Beispiel grün, so sehe m das Grün des prismatischen Bildes auf der grünen und a weiſsen Tafel gleich lebhaft erscheint, und wenn das nic Fall ist, so gebe man derjenigen Tafel, die eine Farbe vo ſserer Intensität zeigt, eine solche Neigung, daſs die farbi leuchtung sich als gleich zeigt; daraus läſst sich, nach Art. *Erleuchtung* gegebenen Regeln berechnen, wie si bei senkrechter Erleuchtung von beiden Flächen zurückg fene Licht verhält.

Diese Methode läſst sich sogar anwenden, um die zu beantworten, wie viel rothe Strahlen die grün gefärb che zurückwirft. Man muſs nämlich dann der weiſsen

dieienige Neigung geben, wobei das Roth der beiden Farben-der gleich lebhaft erscheint, und so erhellet, wie LAMBERT von der rubedo eines mit Grünspan (essigsaurem Kupferoxyd) gefärbten Papiers sprechen kann. LAMBERT hat wenige Versuche, die diesen Gegenstand betreffen, angestellt; es wäre wohl der Mühe werth, wenigstens einige Proben, wie weit sich Uebereinstimmung in die Versuche bringen lasse, zu geben.

Eine Bemerkung von PREVOST will ich hier noch beifügen. Wenn man das von polirtem Golde zurückgeworfene Licht auf einem ebenen, spiegelartig polirten, Golde auffängt, so erscheint hier das Gelb des Goldes viel tiefer, fängt man das abermals zurückgeworfene Licht auf einem Golde, Spiegelplättchen auf, so ist die Farbe noch mehr dem Orange zugegangen. Dies rührt daher, weil das reflectirte Bild theils aus Strahlen besteht, die als weiſse Strahlen zurückgeworfen werden und vermöge welcher allein schon das Gold in seiner gewöhnlichen Farbe erscheinen würde, aber auch theils aus gelben Strahlen besteht, die nicht nach den bloſsen Gesetzen der Spiegelung, sondern nach den Gesetzen der zerstreuten Zurückwerfung, wobei nur *eine* Farbe ausgesandt wird, eben dorthin gelangen, und die dort entstehende Farbe verstärken.

Durch diese wiederholte Abspiegelung lernt man also besser die eigentliche Farbe des Körpers kennen. Silber zeigt sich auf diese Weise nicht weiſs sondern gelb, so daſs das Weiſs nur als Beimischung des unzerlegten zurückgeworfenen Lichtes, welches von der Farbe des Körpers unabhängig ist, angesehen werden muſs[1].

30. In Beziehung auf die durchsichtigen Körper, welche sich uns farbig zeigen, scheinen zwei Hauptfälle statt zu finden. Entweder es werden alle Arten von Farbenstrahlen ziemlich gleichförmig absorbirt, aber nur gewisse Farbenstrahlen zurückgeworfen, andere durchgelassen; oder es werden gewisse Farbenstrahlen gänzlich absorbirt, und die übrigen theils zurückgeworfen, theils durchgelassen. Der erste Fall scheint in der Atmosphäre in einem sehr vollkommenen Grade statt zu finden[2], und daher erscheint uns diese blau durch reflectirte Strahlen und gelbroth vermöge der durchgelassenen Strahlen. Immer sind es

1 Annales de Chimie et de Physique. IV. 192. 436.

2 Vergl. *Abendröthe.*

hier die Ergänzungsfarben, zu den durch Zurückwerfung g henen, welche sich uns als durchgelassene zeigen, und w es nicht genau sind, da hat dieses darin seinen Grund, nicht völlig eine gleichmäſsige Absorption aller Farbenstra statt findet.

Auch im Wasser scheint ein ähnliches Gesetz der Zu werfung und Durchlassung statt zu finden. NEWTON erzä daſs HALLEY in der Taucherglocke in bedeutender Tief Meere die von den durchs Wasser gehenden Strahlen der S erleuchteten Gegenstände roth sah (colore roseo), dagegen das unterhalb befindliche Wasser ein grünes Licht zurück, auch an der Oberfläche des Meeres das Wasser grün ersch so muſs man schlieſsen, daſs es die grünen Strahlen zu wirft, weil es aber eine groſse Menge Lichtstrahlen von Farben durchläſst, auch in der Tiefe noch gemischtes Lich nug erhält, um grüne Strahlen zu reflectiren. Das durchg sene rothe Licht wurde ein helles Roth [2] wegen der noch gemischten vielen weiſsen Strahlen. — Es wäre der l werth, diese Halley'sche Erfahrung theils im Meere, the Strömen, deren Wasser verschiedene Färbungen zeigt, zu p

Auch bei kleineren Quantitäten flüssiger Materien k etwas Aehnliches vor, daſs sie nämlich blaues Licht zu werfen und gelbes oder gelbes und rothes Licht durchl NEWTON bemerkte diese Eigenschaft an der infusio lign phritici; an Glasstücken hat man zuweilen auch Gelegenh wahrzunehmen.

Bei durchsichtigen Körpern dieser Art zeigt sich der per oft sehr weiſslich im zurückgeworfenen Lichte, wenn ben aller Art zurückgeworfen werden, aber zu diesen sich Farbenstrahlen *einer* Art, die blauen zum Beispiel, mi die sich von den ihnen zugehörigen durchgelassenen ge haben, in diesem Falle ist das durchgelassene Licht sch aber der Farbe nach die Ergänzung der im zurückgewo Lichte vorherrschenden Farbe. Das weiſse Knochenglas hierzu ein Beispiel; durch zurückgeworfenes Licht ersch weiſs, aber in einigem Grade bläulich; die meisten Licht len werden also unzerlegt zurückgeworfen, von den ü

1 Optice Lib. I. Pars. 2. Propos. 10.

2 Darauf nämlich scheint color roseus hinzudeuten.

agegen wird nur das Blau zurückgeworfen und die übrigen Far-
en werden durchgelassen und zeigen uns die weißen Gegen-
ände durch Knochenglas gesehen feuerroth.

Andere Körper erscheinen mit einer bestimmten Farbe, man
ag sie durch reflectirtes Licht sehen oder das durchgehende
icht beobachten. Hier werden alle andere Farben völlig ab-
rbirt. Herschel hat einige schöne Bemerkungen über diese
ten farbiger durchsichtiger Körper gemacht[1]. Zuerst bemerkt
, daſs einige Gläser gewisse Farbenstrahlen beinahe ganz un-
schwächt durchlassen, während sie andere vollkommen unter-
ücken. Bedient man sich ihrer um das durch das Prisma in
rbenstrahlen zerlegte Sonnenlicht durch sie durchgehen zu
sen, so erhält man ein rundes einfarbiges Bild, und wenn
an durch sie die vom Prisma gebrochenen Strahlen anderer
örper zum Auge gelangen läſst, so erscheinen diese scharf be-
enzt. Andere Körper lassen mehr als eine Art von Farben-
ahlen durch, unterdrücken dagegen die übrigen. Verdünnte
ckmus-Tinctur zum Beispiel läſst gar keine gelbe und fast gar
ine grünen Strahlen durch und zeigt daher, wenn man den
nnenstrahl durch sie gehen läſst, im prismatischen Farben-
de[2] ein rundes tief rothes Sonnenbild, völlig gesondert von
em länglichen violett und blauen Bilde, das sich sehr matt
Grünliche hinein verlängert[3].

Eine andere Bemerkung von Herschel betrifft den Fall,
die durchgelassenen Strahlen zwei Farben enthalten oder
sich zwei Maxima darstellen, wenn man die Menge der
rchgelassenen Strahlen durch Ordinaten in jedem Puncte des
rbenspectrum ausdrückt. Dieser Fall giebt Veranlassung zu
r auffallenden Erscheinung, daſs bei einer bedeutend dicken
hicht des durchsichtigen Körpers dieser vermöge der durch-
enden Strahlen anders gefärbt erscheint, als da wo die Schicht
nne ist. Eine Auflösung von Saftgrün sieht, wenn sie eine
nne Schicht bildet, smaragdgrün aus, statt daſs eine dicke
hicht blutroth ist. Dieses erklärt sich aus der ungleichen
ensität der verschiedenen Farben. Wird der beim Eintritt
ensivere Strahl in stärkerem Maſse geschwächt, als der min-

1 Phil. Transact. of the Edinb. Soc. IX. 445.
2 Nach meiner eigenen Erfahrung.
3 Vergl. oben No. 8. Anm.

Digitized by Google

und steige herab zum Blau und Grün bei zugetröpfeltem Ka
Delaval wendet dies auf die Aenderung der Farben, bei
fenden Früchten an. Vom Grün, welches die noch saure Fr
zeigt, geht die Farbe bei abnehmender Säure durch Gelb
Roth über.

Dafs die Farben beim Anlaufen des Stahls eine ähnl
Farbenfolge zeigen, ist bekannt: sie fangen mit Gelb an, ge
durch dunkleres Gelb, (ohne dafs die Stufe des Rothwer
sich wahrnehmen läfst) in Purpur, tiefes Blau, in Hell
über, welches wenn das Roth vorkäme, eine ganz genaue
benfolge in absteigender Ordnung (vom Gelb der ersten
nung bis zum Hellblau der zweiten Ordnung) geben würde

Aehnliche Aenderungen der Farbe durch Wärme, bei
ner ganzen Reihe von Körpern, werden in den Annale
Chimie[2] erzählt, und auch hier sind die Uebergänge von
in Roth oder sogar durch Roth in Violett, bei andern
blaulich Grün ins gelblich Grüne, oder vom Blau ins G
dieser absteigenden Farbenfolge gemäfs. Hierher gehören
ner die Erscheinungen des mineralischen Chamaeleon[3] und
Menge andere, welche die chemischen Operationen höchst
reich darbieten.

Doch, es mag an der Erzählung dieser Fälle, zu d
sich aus Delaval leicht mehrere hinzufügen liefsen, g
seyn. Dafs man diese Farbenfolge als allgemein geltend ans
dürfe, ist wohl nicht zu behaupten. —

Ueberhaupt läfst alle bisherige Untersuchung in dieser
zen Lehre noch viel zu wünschen übrig.

Physiologische Farben.

32. Wenn wir eine Farben-Erscheinung unter bestim
Umständen so wahrnehmen, dafs wir durch theoretische Gr
oder durch Erfahrung die Ueberzeugung haben, jedes ges
Auge müsse die Farbe eben so sehen, so nennen wir die
beobachtende Farbe *objectiv*, wir suchen die Ursache der

---

1 Delaval p. 20.

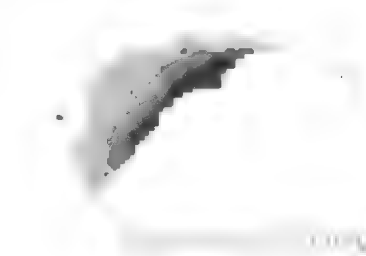
2 Tome LXXXIII. 171. auch in Biot. Traité de phys. Tom
p. 136 kommen hierher gehörige Erscheinungen vor.

3 S. Th. II. S. 91.

dem erleuchtenden Lichtstrahle oder in den Eigenthümlich-
iten der erleuchteten Fläche. Dagegen giebt es andere Far-
ı-*Erscheinungen*, die nur bei bestimmter Affection des Au-
hervorgehen, und diese nennen wir *subjective*, oder *phy-
logische*, von der Affection des Organs abhängige Farben-
:scheinungen, weil hier das eine Auge Farben an demselben
ıncte, in derselben Stellung sieht, wo ein anderes, nicht den-
lben Affectionen unterworfenes Auge sie nicht sieht. Diese
ıscheinende Zufälligkeit ist Ursache, daſs man diese Farben
lbst *zufällige colores adventitii*, *colores accidentales*,
uleurs accidentelles, *ocular spectra* genannt hat, ob-
eich auch sie nach sehr bestimmten Gesetzen hervorgehen.

33. Um sie richtig zu beurtheilen, müssen wir von ver-
andten, wenn gleich farbenlosen Erscheinungen anfangen.
Venn man das Auge auf eine schwarze Fläche, einen schwar-
en Kreis zum Beispiel, richtet, der auf weiſsem Grunde liegt,
wird man sehr bald gewahr, daſs die umgebende weiſse
läche unmittelbar an jenem schwarzen Gegenstande weiſser,
änzender erscheint, als in gröſserer Entfernung von demsel-
en; dagegen, wenn man eine weiſse Kreisfläche, die von
rau umgeben ist, mit angestrengtem Blicke betrachtet, so er-
heint das Grau nahe um die weiſse Fläche dunkler, als der
eiter entfernte Theil. Eben dahin gehört die Erfahrung, daſs
an im geschlossenen Auge das Bild eines Fensters mit dunkeln
heiben und hellem Fensterkreuz nebst hellen Einfassungen der
heiben, zu sehen glaubt, wenn man ein auf den hellen Him-
el hinaus gerichtetes Fenster lange genug, mit einiger An-
rengung des Auges, angesehen hat.

Alle diese und ähnliche Erfahrungen kommen darauf zu-
ck, daſs ein durch stärkeres Licht mehr gereizter Theil der
tzhaut abgestumpft wird, und daher, wenn er nun eben so,
die umgebenden Theile, von mäſsigem Lichte angeregt
rd, sich minder empfänglich zeigt, oder uns die Empfindung
atteren Lichtes wahrnehmen läſst. Hat dagegen ein Theil
r Netzhaut, auf welchem der dunkle Gegenstand sich abbil-
ete, Ruhe genossen, indem wenig oder gar kein Licht auf
n fiel, so ist er jetzt empfänglicher für den Eindruck des
ichts, und wenn dann die Strahlen des Weiſs oder des Grau
i einer etwas veränderten Richtung der Augen-Axen eben
hin fallen, so ist unsere Empfindung so, als ob das Weiſs



glänzender, und das Grau heller wäre. Und eben so ma das schwache Licht, welches durch das geschlossene Auge n unsere Seh-Organe trifft, auf diejenigen Theile der Netzh den schwächsten Eindruck, welche eben durch das stärk Licht des durch die Fensterscheiben gesehenen hellen Himn gereizt waren, während die Theile, auf welchen die dunk Fensterkreuze und Einfassungen der Scheiben sich abbildet jetzt für den Eindruck des schwachen Lichts empfänglicher si

Hiermit stimmen nun die Farben-Erscheinungen über die sich dem Auge darbieten, wenn es lange und angestr auf einen farbigen Gegenstand gerichtet gewesen ist, und d auf eine weiſse Fläche gerichtet wird. Man lege seidenes B von irgend einer recht reinen, lebhaften Farbe auf ein sc weiſses Papier, richte, während Band und Papier von nich schwachem Tageslichte erhellet sind, das Auge darauf, so ob es darauf ankäme, jedes feinste Pünctchen des Bandes ge wahrzunehmen: so bemerkt man sehr bald, daſs der zugl mit im Gesichtsfelde des Auges liegende Theil des weiſsen piers farbig erscheint, und zwar die Farbe zeigt, die als gänzungs-Farbe der Farbe des Bandes zugehört. Diese bung zeigt sich am lebhaftesten dicht um den Rand des farbi Bandes, und wenn man mit einiger Aenderung der Richt der Augen-Axe auf diesen Rand sieht, so erkennt man die Ergänzungsfarbe am deutlichsten, und weiterhin, an äuſsersten Grenzen des Gesichtsfeldes glaubt man eher wi einen schwachen Schimmer der Farbe aus dem Weiſs her treten zu sehen, welche dem Bande eigen ist. Zieht man, n dem der farbige Rand um das Band sich zu zeigen anfing, die Richtung des Auges zu ändern, das Band weg: so ersch die ganze Fläche, die vorhin das Band bedeckte, zwar b aber doch schön und rein mit jener Ergänzungsfarbe ausge tet. War das Band rosenroth, so ist diese hervorgehende F diese, wie v. Göthe es ausdrückt, *geforderte* Farbe, ein s nes Grün; war das Band grün, ohne sich merklich ins oder ins Gelb hinüber zu neigen, so ist die geforderte Farb schönes Rosenroth; war das Band hellgelb, so zeigt sich n her ein blasses Violett, und der Blick auf violettes Band b nachher die Erscheinung des strohgelben hervor, dunkles etwas ins Orange hinneigend, zeigt uns nachher ein Hell so wie umgekehrt das hellblaue Band die weiſse Fläche r

er in hellem orangefarbenen Lichte zeigt. — Man kann leicht ne Reihe Versuche mit mancherlei Abstufungen von Farben stellen, wozu die seidenen Bänder wegen ihres reinen Farbnglanzes sich besonders geeignet zeigen, und immer wird man ese Behauptung, dafs die Ergänzungsfarbe, zwar mit vielem Veifs gemischt, aber dennoch deutlich hervortritt, bestätigt nden.

Man kann den eben erzählten Versuch auch so abändern, fs man ein grünes Band auf rosenrothen Grund legt, und chdem man das Grün lange scharf angesehen hat, nach dem then Grunde blickt, oder die dem Grün zunächst liegenden heile des Roth betrachtet; dann erscheint da, wo bei weifsem unde die geforderte Farbe sich zeigte, das Rosenroth schöer, etwas gesättigter, als es vorher der Fall war; und genau o wie der graue Grund um den schwarzen Kreis heller erchien, so zeigt sich das Roth lebhafter im Gegensatz gegen ie Farbe, die gar kein Roth enthält, oder die Ergänzungsrbe des Roth ist. Mit Gelb und Violett, Orange und Blau ürde es sich eben so verhalten, nur mufs man immer bemeren, dafs der Grund, auf welchem die Verstärkung oder der bhaftere Eindruck der Farbe hervortreten soll, nicht zu dunel seyn mufs.

34. Diese Beobachtungen sind fast eben so schon von Büffon[1] angestellt, der zugleich noch das glänzende Gold statt elb gefärbter Körper, das Silber statt des Weifs empfiehlt, indem diese glänzenden Körper einen noch dauerndern Eindruck hervorbringen.

Büffon erzählt auch noch folgenden Versuch. Wenn man in rothes Quadrat lange ansieht, so erscheint es bald mit blassem, schönen Grün umgeben; richtet man das Auge länger darauf, so sieht man das Quadrat in der Mitte blasser, an den Seiten tiefer gefärbt. Entfernt man sich nun ein wenig, während man denselben Gegenstand noch immer scharf betrachtet, so sieht man alle vier Seiten des tief rothen Vierecks sich in

---

1 Mém. de l'acad. de sc. à Paris 1743. p. 152. Etwas auf ähnliche Versuche Hindeutendes findet man schon in Physiologia Kircheriana ex vastis Kircheri opp. extraxit Kestlerus. Amst. 1680. Weit wichtiger aber ist Darwins Zoonomie, übersetzt von Brandis 2te Abth. S. 519.

zwei theilen und ein eben so tief rothes Kreuz bilden. Das rothe Viereck erscheint dann wie ein Fenster, das mitten ein starkes Kreuz und weifsliche Scheiben hat. Bei noch längerem angestrengten Hinsehen verwandelt sich das Ganze in ein so tief rothes Rechteck, dafs es die Augen blendet; dieses Rechteck ist eben so hoch als das Quadrat, aber nur ein Sechstel so breit; und dieses ist der letzte Grad der Erscheinung, den das höchst ermüdete Auge noch ertragen kann. Wendet man alsdann das Auge nach einem weifsen Grunde, so sieht man ein eben so geformtes, schön und glänzend grünes Rechteck, welches erst langsam verschwindet.

Die dunkeln, meistens zum Purpur sich hinneigenden Bilder, die man sieht, wenn man die Sonne starr angesehen hat, gehören auch hierher; ihre Farbe erscheint nach Verschiedenheit des Grundes, auf welchem man sie sieht, anders, und zwar, wie Büffon bemerkt, so wie es die Mischung der natürlichen Farbe des Grundes mit der subjectiven Farbe des Bildes fordert. v. Göthe, der sich um die Erörterung der physiologischen Farbenphänomene viele Verdienste erworben hat, erzählt ganz ähnliche Versuche [1].

Auch eine merkwürdige, von Beer angeführte Erfahrung [2] gehört hierher. Wenn operirte Staarkranke, die schon Farben unterscheiden, gelbes auf weifses Papier gelegtes Band ansehen, so sehen sie anfangs das Gelb deutlich; je länger sie es ansehen, desto mehr legt sich die violette Einfassung, die auch wir zu bemerken pflegen, über das gelbe Band, so dafs endlich jenes erst kürzlich operirte Auge nichts mehr vom Gelb gewahr wird. Eben so verwandelt sich Blau in Orange, Hellroth in Grün. Trechsel erzählt eine Erfahrung, die ebenfalls zu diesen Erscheinungen gehört [3]. In eine Capelle nahe bei Solothurn sind alle Fenster von gelbem Glase, so dafs im Innern die Erleuchtung aller Gegenstände ein sehr vorherrschendes Gelb hat. Oeffnet man einen der Fensterflügel so, dafs nur ein schmaler

---

1 Farbenlehre. I. 13. 20.

2 Das Auge oder Versuch das edelste Geschenk des Schöpfers zu erhalten u. s. w. von Beer. S. 1—8. Etwas hierher Gehöriges ergeben auch Troxler's und Himly's Versuche in Himly ophthalm. Bibliothek. 1ster Bd. 2tes Stück. S. 11. und 2ter Bd. 2tes Stück S. 40.

3 Biblioth. univers. 1826. Mai.

Digitized by Google

halt die Aussicht auf den Himmel gestattet, so erscheint nicht blofs der wirklich blaue Himmel sehr schön blau, sondern auch weifse Wolken zeigen sich im schönsten Blau.

Ganz ähnliche Erscheinungen brachte v. Grotthuss[1] im finstern Zimmer hervor, wenn er die einzige, Licht einlassende Oeffnung, mit einem farbigen Zeuge verdeckte. Bedeckt man nämlich diese Oeffnung mit einem durchsichtigen grünen Zeuge, worin eine kleine Oeffnung ist, so erscheint durch diese Oeffnung der Himmel röthlich, das Grün der Bäume unscheinbar und weifslich; vertauscht man aber die Bedeckung plötzlich mit einer rothen, die eine gleiche Oeffnung hat, so erhalten die Bäume sofort ihr Grün im schönsten Glanze wieder, aber das Roth der Ziegeldächer erscheint jetzt weifslich. Und etwas Aehnliches erhält man, wenn man ein gefärbtes Glas vor die Augen nimmt und nachdem man die Gegenstände dadurch angesehen hat, sie nun wieder mit freiem Auge betrachtet. War das Glas orangefarben, so erscheint weifses Papier und der graue Himmel nachher bläulich; war das Glas blau, so erscheinen eben die Gegenstände nachher gelb und glänzend.

35. Alle diese Erscheinungen lassen sich, wie ich glaube, aus einer zu starken Reizung des Auges erklären[2]. Habe ich lange auf Roth gesehen, so ist das Auge für diese Farbe geblendet und dagegen für die übrigen Farbenstrahlen, die zusammen die Ergänzungsfarbe zu jener bilden, empfänglicher. Deshalb empfindet das Auge im Weifs, welches ihm alle Arten von Licht zusendet, das Grün als vorherrschend, aber doch so mit Weifs gemischt, dafs dieses sich als ein zwar schönes reines, aber doch nur sehr blasses Grün darstellt. Jenes Quadrat, welches Büffon anhaltend ansah, zeigte sich, wenigstens ehe die Ermüdung des Auges zu grofs war, am Rande tiefer roth, als in der Mitte, weil der Theil der Netzhaut, den die Mitte des Bildes traf, am meisten für das Roth geblendet war, der Theil dagegen, auf welchen das Bild des Randes fiel, durch das abwechselnd mit betrachtete Weifs, etwas mehr seine Fähigkeit, das Roth vollkommen aufzufassen, wieder gestärkt hatte, aber dennoch, sobald das Bild des Weifsen eben dahin fiel, in diesem die grünen Strahlen mehr als die rothen empfand. Diese

---

1 Schweigger's Beiträge zur Chemie und Physik. III. 14.

2 Die eine Beobachtung an operirten Staarkranken ausgenommen.

Digitized

Erklärung, der auch v. GÖTHE nicht ganz abgeneigt sche ist genau übereinstimmend mit der, welche v. GROTTHUSS nimmt.

36. Auch das doppelte Spiegelbild in gefärbten Gl mufs nach ähnlichen Regeln erklärt werden. Nimmt ma gelbes ins Orange übergehendes Glas und legt es so, dafs die Sprossen eines Fensters, durch welches der helle Hi gesehen wird, in jenem Glase abgespiegelt sieht: so sieht wie bei allen Spiegeln, ein doppeltes Bild, eines nämlich d Zurückwerfung von der Vorderfläche, eines durch Zurück fung von der Hinterfläche des Glases. Das Bild des Fen kreuzes, welches die Hinterfläche giebt, erscheint blau, von der Vorderfläche reflectirte orangefarben, aus folgen Grunde. Unser Auge erhält wegen dieser doppelten Spiege
Fig. 22. aus jedem Puncte D der obern Seite der Glastafel AB zwei verschiedenen Gegenständen ausgehende Lichtstrahlen, in der Punct E durch Spiegelung an der obern Fläche, der P F durch Spiegelung an der untern Fläche in C von dem Aug nach der Richtung OD gesehen wird. Ist nun ED sowohl FC ein vom hellen Himmel kommender Strahl, so sieht Auge O diesen hellen Punct blafs orangefarben, weil bei C färbtes, bei D ungefärbtes Licht zurückgeworfen wird, und Mischung beider ein blasseres Gelb als sonst der Gla beim Hindurchsehen eigen ist, giebt; ist dagegen in dunkler Gegenstand, wie das Fensterkreuz, von welche keine oder wenigstens nur matte und unbedeutende helle strahlen ausgehen, so empfängt das Auge O blofs unge Lichtstrahlen, die aus den eben erklärten Gründen die E dung des Blau hervorbringen, so dafs das dunkle Bild des sterkreuzes, das von der Hinterseite dargestellt wird, al erscheinen mufs. Umgekehrt zeigt sich das Fensterkr der Vorderfläche abgebildet mit der völlig tiefen Orange die dem Glase eigen ist, weil hier von C aus das gelb ge Bild des hellen Himmels zum Auge gelangt, welches jetzt wie vorhin durch Beimischung weifsen Lichtes, ein bl Ansehen erhalten kann, weil in D kein Lichtstrahl vo len Himmel hingelangt. Ist der dunkle Gegenstand so dafs beide Lichtstrahlen, die wie ED, FC einfallen s

---

1 S. 11.

durch ihn aufgehalten werden, so sieht das Auge O in D bloſses Dunkel, oder da fast nie ein Gegenstand ohne alles Licht ist, die matte Erleuchtung die diesem angemessen ist.

Bei jeder andern Farbe würde es sich eben so verhalten. Insbesondere sind schwach grün tingirte Glasstücke sehr geeignet, das doppelte grün und rosenroth gefärbte Bild zu zeigen[1].

Einen ähnlichen Erfolg von der durch zu starkes Licht entstehenden Ueberreizung des Auges sieht man in folgenden Versuchen, die ich nach Thomas Smith's[2] Anleitung angestellt und mehrfach abgeändert habe. Man halte einen schmalen Streifen weiſses Papier 8 bis 12 Zoll vom Auge und blicke, während ein Kerzenlicht sich dem einen Auge sehr nahe, seitwärts stehend, befindet, das andere Auge aber beschattet ist, nach einem weit jenseit des Papiers liegenden Gegenstande; man sieht dann bekanntlich den Papierstreifen doppelt, und bemerkt nun, daſs der weiſse Streifen dem beleuchteten Auge blaugrün, dem beschatteten Auge orangefarben, ja zuweilen ins Röthliche übergehend erscheint. Bringt man zwischen das Licht und das beleuchtete Auge ein gelbes Glas, so ist die Erscheinung ziemlich dieselbe; bringt man zwischen das erleuchtete Auge und das Licht ein blaues Glas, so sind beide gesehene Bilder ziemlich gleich, doch das mit dem beleuchteten Auge gesehene etwas minder gelb als das andere; beschattet man beide Augen, so sind die Bilder ganz gleich. Wird das eine Auge vom nahen Kerzenlichte ohne Schwächung beleuchtet, der Papierstreifen aber erhält das auffallende Licht durch ein orangefarbenes Glas, so sieht das beschattete Auge ein sehr gesättigtes Orange, das beleuchtete Auge ein sehr ins Gelbe übergehendes Grün. Fällt das Licht auf den weiſsen Streifen durch blaues Glas (das von mir gebrauchte gab einen schwachen Uebergang zum Violett,) so zeigt sich dem vom freien Kerzenlichte getroffenen Auge ein nur wenig lebhaftes aber rein grünes Bild, dem andern beschatteten Auge erscheint der weiſse Streifen schön rosenroth. Ein hellblaues Band erscheint dem beleuchteten Auge tiefer blau, dem beschatteten fast ganz weiſs;

---

1 Vergl. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. Wien 1826. S. 341.

2 Brewster's Edinb. Journ. of Science. No. IX. p. 52.

Digitized by Google

ein gelbes Band dagegen scheint dem beleuchteten Auge blässer, dem beschatteten dunkler gelb.

Alle diese einzelnen Erscheinungen lassen sich darauf zurückführen, daſs das vom gelben Kerzenlichte geblendete Auge minder empfänglich für die gelben Lichtstrahlen ist, und daſs das beschattete dann durch den Contrast uns das Gelb als vorherrschend zeigt. Aus diesem Grunde erscheint dem beleuchteten Auge ein gelbes Band blasser gelb, ein blaues tiefer blau, und aus demselben Grunde zeigt sich das weiſse, oder eigentlich vermöge des gelben Kerzenlichtes etwas gelbliche Papier, dem beleuchteten Auge grün, dem beschatteten Auge orangefarben oder in Hellroth übergehend. Könnte man ein ganz weiſs beleuchtetes Papier haben, so müſste wohl jenes blau seyn, im Gegensatze gegen die orangefarbene Beleuchtung des Auges, und dieses orangefarben.

37. Diese subjectiven Farben sind es nun auch, die wir in den farbigen Schatten wahrnehmen. Ein Schatten, der so entsteht, daſs die von ihm getroffene Fläche gar kein Licht empfängt, ist allemal ganz dunkel, das einfallende Licht, welchem gegenüber der Schatten entsteht, mag weiſs oder gefärbt seyn; — v. Grotthuss zeigt durch eigends deshalb angestellte Versuche im finstern Zimmer, wo nur durch *eine* Oeffnung Licht einfiel, daſs es so sey. — Aber wenn nicht von einem einzigen Puncte her Licht einfällt, sondern ein in anderer Richtung einfallendes Licht den Raum erhellet, den der Schatten vom ersten Lichte hervorgebracht traf, so kann dieser Schatten farbig erscheinen. Zuerst nämlich ist an sich klar, daſs die Erleuchtung der ganzen von jenen zwei Lichtern beleuchteten Fläche bläulich seyn muſs, wenn das eine Licht blau, das andere weiſs ist; und eben so einleuchtend ist, daſs der Schatten, den das weiſse Licht wirft, oder der dahin fällt, wohin keine Strahlen des weiſsen Lichtes gelangen, sich dunkler blau zeigen muſs, als der übrige Raum, weil dort keine Beimischung weiſser Strahlen ein Hellblau hervorbringt; dieses Blau ist also ein objectiver Erfolg der farbigen Beleuchtung. Aber nun bemerken wir zweitens, daſs der dem blauen Lichte zugehörende Schatten unserm Auge gelb oder orangefarben erscheint, und dieses nur deshalb, weil der gegen das blaue

---

1 Smith nennt das zweite Bild roth, was mir nicht ganz richtig scheint.

Digitized by Google

licht beschattete Raum uns rein weiſse Strahlen zusendet, aber wegen des umgebenden Blau uns mit der Ergänzungsfarbe des Blau erleuchtet erscheint, die also hier als subjective Farbe hervortritt.

Diese Erklärung scheint mir über alle farbige Schatten Auskunft zu geben. Wenn Kerzenlicht und Tageslicht zugleich eine Fläche erleuchten, und auch das Tageslicht bei bedecktem Himmel gar kein vorherrschendes Blau enthält, so zeigt sich doch der dem Kerzenlichte gegenüber entstehende, vom Tageslichte oder Dämmerungslichte erhellete Schatten blau, während der dem Tageslichte gegenüber entstandene vom Kerzenlichte erhellete Schatten gelb oder orangefarben ist; denn die gelbliche Erleuchtung der ganzen übrigen Fläche ruft da, wo unser Auge bloſs weiſses Licht empfängt, wo keine Strahlen des Kerzenlichtes hingelangen, die Ergänzungsfarbe, blau, hervor. Ist der Himmel, dessen Wiederschein das Tageslicht ist, selbst blau, so kann dieser Umstand mitwirken, die blaue Farbe zu verstärken, aber nothwendig ist er nicht.

Selbst das gelbliche Kerzenlicht kann eine ähnliche Erscheinung eines blauen Schattens hervorbringen. Man stelle zwei gewöhnliche brennende Lichter so, daſs ein schmaler Gegenstand einen doppelten Schatten auf eine weiſse Ebene wirft, so erscheinen uns beide Schatten ganz gleich, grau oder matt erleuchtet. Aber nun schiebe man ein orangefarbenes Glas vor das erste Licht, so erscheint der vom zweiten Lichte geworfene, vom ersten erleuchtete, Schatten, orangefarben, der vom ersten Lichte geworfene, vom zweiten erleuchtete, hingegen bläulich. Offenbar erhält der Raum, den das freie Licht bescheint, eine matt gelbliche Erleuchtung, wie das bei unserm Kerzenlichte immer der Fall ist; aber der Raum, den beide Lichter erleuchten, hat so sehr ein vorwaltendes orangefarbenes Licht, daſs das Auge in jenem Weiſs, wenn gleich es auch schon ins Gelbliche übergeht, doch das vergleichungsweise vorherrschende Blau erkennt. Man mag hier sagen, das Auge empfinde in dem, mit nur wenigem Gelb gemischten Weiſs, das Blau durch den Contrast, oder das durch das umgebende orangefarbene Licht für diese Farbe abgestumpfte Auge empfinde in jenem, wenn auch mit etwas Gelb vermischten Weiſs, vorzugsweise das Blau; immer ist der Hauptsache nach der Sinn der Erklärung wohl derselbe.

Digitized by Google

Rumford hat[1] sich viele Mühe gegeben, eine Ansicht, die mit der eben ausgesprochenen sehr nahe verwandt ist, durch Versuche zu beweisen. Er machte nämlich auf die eben angegebene Weise einen breiten Schatten, der dem bloſsen Auge blau erschien; betrachtete er diesen durch ein so enges Rohr, daſs er nichts von der umgebenden beleuchteten Fläche zugleich mit übersah, so bemerkte er es gar nicht, wenn ein anderer das Licht, welches den Schatten warf, mit einer Platte gelben oder orangefarbenen Glases bedeckte oder diese Platte wieder wegnahm.

Um nicht zu weitläufig zu werden, will ich nur noch zwei Erscheinungen anführen, deren eine wohl nicht ganz mit Recht hierher gerechnet wird. Ich habe schon oben erzählt, daſs Halley in der Taucherglocke das von oben durch das Meerwasser einfallende Tagslicht röthlich sah, während das von unten aus dem Wasser zurückgeworfene Licht die Gegenstände grün zeigte. Dieses war ohne Zweifel Folge der von oben durchgelassenen vorherrschend rothen Strahlen, denen zurückgeworfene grüne Strahlen entsprachen; aber wäre hier von einer Seite weiſses Licht eingefallen, so würde das Auge dennoch in diesem weiſsen Lichte die Ergänzungsfarbe der farbigen Beleuchtung wahrzunehmen geglaubt haben.

Die zweite Erscheinung hat sich mir selbst oft dargeboten. Ich bewohnte ein stark von der Sonne beschienenes Zimmer, das durch grüne sehr dichte Vorhänge gegen die Sonne gesichert war. So lange nun alle Thüren oder sonstige Zugänge für das Licht geschlossen blieben, erschien alles im grünen Lichte und die Schatten dunkel, ohne Farbe. Sobald aber Tagslicht durch die Thür einfiel, nahmen alle Schatten eine schöne rosenrothe, ein wenig ins Violett übergehende, Farbe an. Besonders interessant zeigte sich dieses, wenn man weit entfernt vom Fenster neben eine seitwärts gehende Thüre eine weiſse Tafel aufstellte. So lange die Thür geschlossen blieb, sah man die weiſse, gegen das grün bedeckte Fenster gewandte, Tafel grünlich erleuchtet, aber sobald man die Thür öffnete, erschien sie dem vom Fenster her auf sie sehenden Auge in eben jenem rosenfarbenen, etwas violettlichen Lichte, weil die matte grüne Beleuchtung nun nicht bedeutend genug war, um zu hindern,

---

1 S. Phil. Trans. LXXXIV. 107. Daraus in Grens Neues Journ. der Physik. II. 58.

Digitized by Google

daſs aus dem Weiſs des Tageslichtes die Ergänzungsfarbe hervorgerufen wurde.

38. Diese Erscheinungen sind auf sehr verschiedene Weise erklärt worden; ich führe diese Erklärungen nur kurz an. Daſs die blauen Schatten nicht dem blauen Lichte des Himmels zuzuschreiben sind, wie Bouguer und andere[1] meinten, erhellet aus dem Vorigen. Der Beugung des Lichtes, weil die blauen Strahlen am meisten in den inneren Raum des Schattens hinein gebeugt würden, hat v. Paula Schrank[2] diese blaue Färbung zugeschrieben, aber gewiſs unrichtig, da weiſses Licht in grüner Beleuchtung eben so gut röthliche Schatten hervorbringt. Zschokke, der eine Reihe interessanter Beobachtungen über diese Schatten angestellt hat[3], scheint sie daraus zu erklären, daſs im farbigen Lichte nur die eine Farbe zurückgehalten werde, der Schatten also kein vollkommener, schwarzer Schatten seyn könne. — Offenbar kann aber in jenen Schatten doch nur dann Licht irgend einer Art kommen, wenn noch von einer zweiten Seite her Erleuchtung statt findet. v. Göthe[4] hat dieses ganz richtig als eine Hauptbedingung erkannt, und diese Schatten als den subjectiven Farben-Erscheinungen angehörend betrachtet.

39. Schwieriger zu erklären sind einige andere Farben-Erscheinungen im Auge, auf welche v. Göthe vorzüglich aufmerksam gemacht hat[5]. Ich habe die Haupt-Erscheinungen oben[6] schon mit v. Göthe's Worten erzählt, und füge hier seine Erklärung hinzu, die sehr viel für sich zu haben scheint[7]. „Das

1 z. B. zuerst Lionardo da Vinci, später auch Monge. S. Gren J. II. 143.

2 Münchner Denksch. 1811 u. 12. S. 293. und 1813. S. 51.

3 Unterhaltungsblätter für Welt- und Menschenkunde. 1826. S. 49. Es finden sich in dieser Abh. auch noch mehr literarische Nachweisungen und auch in Hinsicht darauf verdient diese Abh., so wie die oben erwähnte von Grotthuss nachgesehen zu werden.

4 S. 27.

5 Aepinus hat schon ähnliche Beobachtungen (Comment. Petrop. X. 281.) und noch ältere führt Darwin an, Zoonomie 2te Abth. S. 521. Vergl. Phil. Tr. LXXVI. 313.

6 Oben No. 5.

7 Noch mehrere Beobachtungen hat Purkinje angestellt und beschrieben in seinen Beobachtungen über die Physiologie der Sinne. I. B. S. 97.

Digitized by Google

Auge des Wachenden äufsert seine Lebendigkeit besonders darin, dafs es in seinen Zuständen abzuwechseln verlangt. Das Auge kann und mag nicht in einem durch das Object specificirten Zustande verharren; es ist vielmehr zu einer Art von Opposition genöthigt, die das Extrem dem Extreme, das Mittlere dem Mittlern entgegensetzt, u. s. w.“ Wenn das Auge durch weifses Licht geblendet ist, so geht das Organ, indem es sich im Dunkeln erholt, eine Reihe von Zuständen durch, die einem ähnlichen Wechsel wie die Gefühls-Empfindung, z. B. nach dem Erstarren vor Kälte, unterworfen seyn mögen; aber jeder Wechsel, den die Retina unsers Auges erleidet, bringt eine Empfindung von Licht oder Farben hervor, und die Gesetze dieser Wechsel können von uns nur in dem Wechsel der vor unserm Auge schwebenden Farben erkannt werden. Wenn man dieses überlegt, so wird man, glaube ich, einräumen, dafs in jener Lebensthätigkeit des Auges der Grund des Farbenwechsels zu suchen ist, und dafs es sehr der Mühe werth wäre, die Gesetze dieses Farbenwechsels noch weiter aufzusuchen. Bei den vorigen Erscheinungen schien es mir, als ob diese dunklern Gesetze der Lebensthätigkeit, die v. Göthe auch dort berücksichtigt, nicht so nothwendig zur Erklärung wären, und nur die *eine* Erfahrung, dafs dem erst kürzlich operirten Staarkranken die Ergänzungsfarbe des umgebenden Weifs endlich die wirklich vorhandene, vom Weifs umgebene, Farbe überdeckt, scheint nicht ganz so, wie ich dort angab, erklärt werden zu können. Diese Erfahrung nämlich mufs in v. Göthe's Sinne so erklärt werden, dafs die vom Gelb geblendete Retina durch innere Lebensthätigkeit in einen Zustand versetzt wird, der eben den Sinnen-Eindruck, wie die violette Farbe, hervorbringt; wird dieser Zustand bei einem allzureizbaren Auge so überwiegend, dafs der objective Eindruck des gelben Lichtes dagegen nur unbedeutend ist, so glaubt der Beobachter auch an der Stelle nur Violett zu sehen, wo er eigentlich Gelb sehen sollte.

40. Dafs man zuweilen die schwarzen Buchstaben roth zu sehen glaubt, erklärt Darwin[1] daraus, dafs die Netzhaut da, wo die schwarzen Buchstaben abgebildet waren, empfindlicher für das rothe Licht ist, welches durch die Augenlieder dringt

1 Zoonomie. 2te Abth. S. 533. der deutschen Uebers.

Digitized by Google

Man sieht nämlich dann die Buchstaben roth, wenn man lieset, indem die Sonne auf die etwas zum Blinzeln zusammengedrückten Augenlieder scheint, also durch diese einen röthlichen Schimmer im Auge hervorbringt[1].

41. Von den *pathologischen* Farben glaube ich hier wenig sagen zu dürfen, da sie mehr in den Art. *Gesichtsfehler* gehören. v. Göthe bemerkt, daſs ein Druck auf das Auge nicht bloſs die bekannte Licht-Erscheinung, sondern auch eine Farben-Erscheinung hervorbringen könne; ferner daſs Kranke zuweilen alles in einem besondern rothen Lichte sehen u. dgl. Ueber die besondere Beschaffenheit des Auges, wo es Blau und Roth nicht unterscheidet, wird bei den Gesichtsfehlern die Rede seyn. *B.*

Farbenbild. S. Farbe No. 8.

Farbenclavier.

Clavecin oculaire. Die schwerlich je ausführbare, ja der Natur der Sache gar nicht einmal recht entsprechend scheinende Idee, daſs man durch eine angenehme Folge von Farbenwechseln eine eben solche Einwirkung auf das Gesicht hervorbringen könne, wie die Musik sie dem Gehöre darbietet, hat Veranlassung zu der Ueberlegung gegeben, wie ein Instrument eingerichtet seyn müſste, das diesem Zwecke entspräche. Die Vergleichung, welche Newton zwischen den sieben Farben und den Tönen der Tonleiter, zwischen den Räumen, den jene im Farbenbilde einnehmen, und den Intervallen dieser, zu finden glaubte, veranlaſste Castel, der sonst nicht mit Newton in seinen Ansichten übereinstimmte, über ein solches Farbenspiel, das der Harmonie und Melodie in der Musik entsprechen sollte, nachzudenken. Wer sich darüber unterrichten will, mag seine

---

1 Auſser der angegebenen Literatur verdient noch erwähnt zu werden Beguelin über gefärbte Schatten in Mém. de Berl. 1767. p. 27. Scheffer über die accidentellen Farben in J. d. Ph. XVI. 175. und 273. mit vielen Beobachtungen und Hypothesen ohne bestimmte Erklärung. Pietro Petrini's gehaltvolle Abhandlung in Mem. di Mat. e di Fis. della Soc. Ital. XIII. 11. u. a.

Digitized by Google

Schrift: Clavecin oculaire, und DE MAIRAN's Einwürfe gegen [1] nachlesen. *B.*

Farben-Dreieck. S. Farbe No. 20.

Farbenkreisel. S. Farbenspindel.

Farbenkugel. S. Farbe No. 20.

Farbenringe.

annuli colorati; anneaux colorés; *coloured Ri* Farbensäume; *fimbriae coloratae;* bandes lorées; *coloured Fringes.* Die in den Artikeln *Anwe lungen, Farben* No. 22. 23. 26. *Interferenz, Inflexion, larisirung des Lichts* vorkommenden Fälle, wo sich Farbenr und Farbensäume zeigen, will ich hier nicht wiederholen, dern nur einige, wohl noch nicht ganz erklärte, Phänor nachtragen, und auch bei diesen nur kurz verweilen.

NEWTON beobachtete, als er das Licht im finstern Zin auf einen gläsernen Hohlspiegel, dessen convexe Seite b war, fallen liefs, dafs sich auf der weifsen Ebene die im trum des an beiden Seiten concentrisch geschliffenen Kugel gels senkrecht auf den Lichtstrahl aufgestellt war, aber d durch eine im Centro gelassene Oeffnung durchliefs, Far ringe um diese Oeffnung bildeten. Die Farbenringe zeigte Farben in der Ordnung, wie die Ringe bei durchgelass Lichte zwischen zwei Convexgläsern sich zeigen, näm Weifs in der Mitte mit einem dunklern Raume umgeben den sich Violett und Indigblau anschlofs; dann folgte Blau, einem weifslichen Ringe umgeben; dann grünliches Gelb, nes Gelb, Roth, das in Violett überging. Liefs man nur farbiges Licht durch die mit dem Centro der Kugel zusam fallende Oeffnung auffallen, so fanden sich die Halbmesse nun dargestellten einfarbigen Kreise den Quadratwurzeln von 3, 4 proportional. Ein metallener Hohlspiegel zeigte Ringe nicht, und dieses sowohl, als andere Versuche, z dafs die Dicke des Glases dabei in Betrachtung komme.

NEWTON stellte bei einer andern Reihe von Beobacht

1 Mém. de l'Ac. de Par. 1737. Vergl. Heydenreich Syste Aesthetik. Leipz. 1790. 8. S. 224.

len Spiegel so, dafs der Lichtstrahl nicht zu der Oeffnung selbst eflectirt ward, also die Oeffnung nicht mehr im Centro der Spiegelfläche lag; dann erhielt man auf der weifsen, noch immer durch des Spiegels Centrum gelegten Ebene ein helles reflectirtes Bild; die Ringe aber umgaben wieder das Centrum der Kugel und lagen eben deshalb so, dafs ihr Mittelpunct mitten zwischen der Oeffnung und dem Centrum des durch gewöhnliche Spiegelung dargestellten Bildes lag. Newton brachte auch diese Erscheinung unter die Theorie der *Anwandlungen* und Biot, welcher diese und ähnliche Erscheinungen noch mit mehr Sorgfalt berechnet, ist vollkommen seiner Meinung[1], für welche er in einer genauen Berechnung, die mit den Versuchen übereinstimmt, allerdings wichtige Gründe aufstellt. Von der Richtigkeit der Versuche hat Biot sich in Verbindung mit Pouillet und Deflers überzeugt; er hat auch noch mehrere neue Versuche hinzugefügt, die ich hier übergehe. Herschel glaubt zwar, den ganzen Erfolg dieser Versuche der Beugung des Lichts zuschreiben zu dürfen, weil er auch bei einem metallenen Hohlspiegel eben solche Ringe erhielt, wenn der Raum vor dem Spiegel mit feinem Staube erfüllt wurde, aber diese Erklärung scheint doch nicht ausreichend[2].

2. Eine andere Reihe von Versuchen über Farbenringe ist die von Herschel, welche sich nämlich an die Wiederholung der Versuche Newton's über die Farbenringe zwischen convexen Gläsern anschliefst. Herschel[3] stellte mehr als eine Folge von Ringen zugleich dar. Die zweite, schwer sichtbar zu machende, Reihe von Ringen zeigte sich, wenn man auf gut polirtes Spiegelglas eine doppelt convexe Linse von 20 Zoll Brennweite legte. Die zweite Reihe von Ringen hatte einen weifsen Mittelpunct, wenn er bei der ersten schwarz war, und in jedem andern Falle zeigte das Centrum der einen Reihe die Ergänzungsfarbe zum Centrum des andern, und eben dieses galt für die Ringe gleicher Ordnung in den verschiedenen Reihen. Der Gang der Lichtstrahlen, durch welche diese Ringe sichtbar werden, ist folgender: Wenn ein Strahl ab bei b den Berüh- Fig. 23.

1 Newtoni optice Liber 2. Pars 4. und Biot Tr. de Phys. Tome 4. chap. 7.

2 Philos. Transact. for 1807. p. 231.

3 Phil. Tr. 1807. p. 188. 201.

Digitized by Google

rungspunct der Linse erreicht, so wird er theils zurückgeworfen, theils nach b d durchgelassen; aber auch dieser durchgelassene Theil erleidet in d eine wenigstens theilweise Reflexion nach e, und so erhellet, dafs es eigentlich die Strahlen sind, die nach NEWTON's Ausdruck sich in b in einer Anwandelung leichten Durchganges befanden, die dem Auge in e sichtbar werden. Aber während das Auge so vermittelst des Strahls b c die reflectirte, vermittelst des Strahls d e die durch die dünne Luftschicht bei b durchgegangene Farbe erhält, kann man eine plötzliche Verwechselung beider Farben hervorbringen. Bringt
Fig. 24. man nämlich auf b einen Schatten, so gelangt nun ein anderer Strahl f g h zum Auge, und da dieser die bei i durch eine schon dicke Luftschicht gehenden, dort also unverändert bleibenden, bei b aber vermöge leichteren Durchganges zum Auge kommenden Strahlen enthält, so sieht das Auge h jetzt an eben dem Orte die Ergänzungsfarben zu denjenigen, die es noch eben vorhin dort sah, und auf ähnliche Weise bringt der Strahl f g b k l offenbar jetzt die in b zurückgeworfenen Strahlen zum Auge.

HERSCHEL giebt Mittel an, um noch mehrere Reihen von Ringen zu sehen, und zeigt, welchen Weg die Strahlen nehmen. Statt der Ringe erscheinen parallele Streifen, wenn man Glascylinder auf eine Ebene legt, dagegen erscheinen elliptische Ringe, wenn man cylindrische Glasflächen mit sphärischen in Berührung bringt[1]. Die Gesetze, nach welchen diese Ringe entstehen, lassen sich nach diesen Andeutungen leicht übersehen; die letzten Gründe aber zu erklären, auf welche HERSCHEL sie zurückführt, mufs ich dem Artikel *Prisma* vorbehalten, wo ohnehin nothwendig von den farbigen Bogen die Rede seyn mufs, an welche, nach HERSCHEL's Ansicht, die ganze Erscheinung sich anschliefst.

3. Verschieden von diesen Reihenfolgen von Ringen, obgleich unter sehr ähnlichen Umständen entstehend, sind die von KNOX beobachteten farbigen Ringe und Streifen[2], von welchen ich nur so viel als nöthig ist, um die Aufmerksamkeit auf sie zu lenken, hier anführen will. KNOX wiederholte HERSCHEL's Versuche und indem er sich eines untern Glases bediente, welches zur Darstellung der zweiten Reihenfolge von Ringen, die

---

1 Phil. Tr. 1809. p. 261.

2 Ebend. 1815. 161.

Digitized by Google

ämlich durch durchgelassene Strahlen sichtbar werden, nicht eeignet war, erhielt er bloſs mehrere durch reflectirte Strahlen ebildete Ringe, deren Entstehung die Figur deutlich macht, Fig. 25. venn man sich die Strahlen des ersten Ringes durch a b c d, les zweiten Ringes durch a b c e f zum Auge gelangend denkt. Hier lagen also zwei Reihenfolgen von Ringen so neben einnder, daſs sie sich, weil ihre Mittelpuncte nicht zusammenelen, einander schneiden muſsten, und durch diese Durchchnittspuncte liefen parallele Farbenstreifen, welche senkrecht uf die zwischen beiden Mittelpuncten gezogene Linie waren. Diese Mittelpuncte selbst bildeten die Grenzen dieser Farbentreifen der Breite nach, während ihre Länge nur durch die Ausdehnung der Gläser begrenzt wurde. Die farbigen Streifen waren so geordnet, daſs da, wo zwei gleichfarbige Kreise *derselben* Ordnung sich berührten, der Mittelstreif von eben dieser Farbe sich zeigte, und von da an gerechnet nach beiden Seiten zuerst die mehr brechbaren Farben, daran wieder Roth nit der ganzen Farbenfolge u. s. w. so oft erschien, als es die bis zum andern Centrum reichende Zahl von Ringen forderte.

In andern Fällen, wo jene zwei Reihenfolgen von Ringen nicht einander gleich waren, bildeten sich statt der eben beschriebenen geraden Streifen kreisförmige; aber die Erscheinungen sind zu mannigfaltig, um sie hier weiter zu beschreiben.

4. Noch auf eine andere Weise sah Brewster Farbenstreifen entstehen, als er die Zurückwerfung des Lichtes von Parallelgläsern, die wenig gegen einander geneigt waren, beobachtete. Brewster giebt davon folgende Beschreibung [1]. Um die Erscheinung am besten zu beobachten, möge das Licht eines erleuchteten Kreises, der unter 1 bis 2 Grad Sehewinkel erscheint, beinahe senkrecht auf zwei Platten von Gläsern mit parallelen Oberflächen fallen, die 0,1 Zoll von einander entfernt sind. Man lasse eine der Platten einige Neigung gegen die andere annehmen, bis eines oder mehrere der zurückgeworfenen Bilder deutlich sich darstellen, getrennt von dem durch durchgelassenes Licht hervorgebrachten hellen Bilde, welches das hinter den Platten stehende Auge empfängt. Unter diesen Umständen zeigt sich das reflectirte Bild durchkreuzt von 15 oder 16 schönen parallelen Streifen; die drei Centralstreifen sind

1 Phil. Tr. of the Society of Edinburgh. Vol. VII. p. 435.

Digitized by Google

schwärzlich und weifslich, die äufseren sind glänzend grün un roth; die Centralstreifen haben dasselbe Ansehen in Vergleichun gegen die äufsern, wie die innern Ringe bei dünnen Blättche gegen die äufseren. Wenn man die Glasplatten so dreht, da ihre Ebene senkrecht gegen den einfallenden Strahl bleibt, s bewegen sich die reflectirten Bilder um das helle Bild, und d Farbenstreifen bleiben immer senkrecht gegen die Linie, we che die Mittelpuncte des hellen und des reflectirten Bildes ve bindet. Bei verminderter Neigung wächst die Breite der Fa benstreifen. Fällt das Licht von jenem Gegenstande schief a die Platten, so sieht man keine Farbenstreifen, wenn die Ei falls-Ebene senkrecht auf die Durchschnittslinie beider Platt ist; ist dagegen die Einfalls-Ebene parallel mit dieser Durc schnittslinie, so zeigen sich die Bilder heller und die Farbe streifen lebhafter, wenn der Strahl schiefer auffällt.

Brewster beschreibt die Phänomene noch umständlich und bemerkt, dafs man die Farbenstreifen an den Bildern b merkt, die das Auge durch Strahlen sieht, welche zwei Zurüc werfungen erlitten haben. Zugleich rühmt er diese Farbe Erscheinungen als zu den schönsten, die man sehen kann, g hörend, und glaubt, dafs sie sich auf die Theorie der Anwan lungen zurückführen lassen. Er theilt mehrere Gesetze, d sich aus seinen Beobachtungen ergeben, mit, aber läfst d Entwickelung der auf jene Theorie gebauten Erklärung u erörtert.

Alle diese Erscheinungen verdienen noch weiter unte sucht zu werden. *B.*

Farbenspindel.

Es ist oben im Artikel *Farbe* No. 20. erwähnt, dafs m vielfach versucht hat, weifses Licht aus einer Mischung de nigen Farben darzustellen, in welche jenes durch das Pris zerlegt zu werden pflegt, und dafs man auf gleiche Weise sogenannten zusammengesetzten Farben z. B. Grün und Vio jenes aus Blau und Gelb, dieses aus Roth und Blau, erzeu kann. Nicht minder ist zugleich nachgewiesen, dafs die F henstoffe, wodurch man dieses bewerkstelligt, nicht alles Li reflectiren, überhaupt aber wegen der Unvollkommenheit ih Tingirung das reine prismatische Licht nicht ersetzen könn

eswegen insbesondere das erzeugte Weiſs nie rein, sondern lezeit schmutzig, dunkel und eigentlich grau seyn muſs. Diemnach werden Mischungen von pulverförmigen Pigmenten nie as Verlangte vollständig leisten, und die Instrumente, womit nan solche Versuche meistens anzustellen pflegte, bleiben stets nangelhaft, und sind daher auch für die physikalischen Apparate von einem nur untergeordneten Werthe. Inzwischen mag vegen ihres bisher behaupteten Ansehens hier eine kurze Beschreibung derselben Platz finden.

Man bedient sich zu diesen Versuchen hauptsächlich der *Farbenkreisel* und der *Farbenspindeln*, welche beide ihrem Wesen nach gleichartig, bloſs in der Construction etwas ibweichen, übrigens ganz gleiche Versuche gestatten. Beide hat man schon lange gekannt, indeſs kann ich nicht angeben, wer der erste Erfinder derselben gewesen seyn mag, jedoch erzählt Musschenbroek[1], daſs er sie verfertigt und Versuche damit angestellt habe, ohne eine ältere Autorität anzugeben. Vermuthlich sind sie aus diesen von andern Physikern entnommen, und zuletzt am ausführlichsten beschrieben, die Kreisel durch E. G. Fischer[2], die Spindeln durch Lüdicke[3], denen ich im Wesentlichen folge.

Der *Farbenkreisel* ist ein gemeiner Kreisel von der Art, wie ihn die Kinder als Spielwerk gebrauchen. Die runde Scheibe AB, aus hartem Holze gedrehet, ist auf die gleich- Fig. 26. falls aus hartem Holze (am besten Buxbaum) verfertigte Spindel CD gesteckt, welche letztere bei EF einen unten flachen Wulst hat, um die mit den erforderlichen Pigmenten übergezogenen Papierscheiben darunter zu befestigen. Wie diese Scheiben aus feinem, weiſsen und glattem, aber zugleich die Farben gut aufsaugendem Papiere gemacht seyn müssen, ergiebt sich zwar von selbst, indeſs versinnlicht die Zeichnung, daſs sie, in der Fig. 27. Mitte mit einem Loche zum Durchstecken der Spindel versehen, entweder bloſs auf dem äuſseren Ringe oder auf den ganzen Sectoren diejenigen Farben haben müssen, womit man die Versuche anstellen will. Man kann ferner die einzelnen Sectoren auf die erforderliche Weise mit den gehörigen Pigmenten

1 Introd. §. MDCCCXX.
2 Lehrbuch der mech. Naturlehre. Berlin 1827. II. 267.
3 G. V. 272. u. XXXIV. 4.

Digitized by Google

überziehen, und deren so viele, als zur Erzeugung der gewünschten zusammengesetzten Farben erforderlich sind, neben einander legen, durch den Wulst der Spindel an die Scheibe festdrücken, und den Kreisel durch Drehung des Stieles in schnelle Rotation bringen.

Weil die Drehung der Kreisel aus freier Hand minder sicher ist, und die Rotation kürzere Zeit dauert, so sind in dieser Hinsicht die nach Lüdicke's Angabe constrituirten Spindeln vorzuziehen. Aeltere Apparate dieser Art gleichen den Schwungtischen oder Centralmaschinen, und bestehen aus einer horizontal liegenden Scheibe, mit einer in einer Rinne derselben befindlichen Schnur ohne Ende, welche um eine andere, gleichfalls horizontale, Rolle geschlungen diese in eine schnelle Rotation versetzt, wenn die erste Scheibe vermittelst eines Würtels oder eines Knopfes gedrehet wird. Ueber jener Rolle befindet sich eine mit ihr parallele Scheibe, und auf dieser liegen die gefärbten Scheiben in ihrer Mitte durch eine Schraube festgehalten.

Die nach Lüdicke's Angabe von mir etwas abgeänderte Farbenspindel besteht aus einem unten mit Tuch überzogenen Fig. 28. Fuſsklotze a b von etwa 4 Par. Z. Durchmesser, und hieraus lassen sich die andern Dimensionen leicht entnehmen. Auf diesem Fuſse sind die beiden messingnen Bügel c und d vermittelst Schrauben befestigt, welche oben einen messingnen, mit einer Mutterschraube versehenen, Ring e f tragen, worin das Ocular-Rohr h o h von einer für die Gesichtsweite gehörigen Höhe geschraubt ist. Letzteres besteht aus einem bloſsen, inwendig geschwärzten Rohre, welches unten der Schraube wegen mit einer messingnen Fassung versehen ist, und auch oben bei o gleichfalls eine solche haben kann. Die untere Schraube dient dazu, die Glasscheibe *α α* auf dem unter ihr liegenden horizontalen Ringe festzuhalten. Diese plane, möglichst weiſse und durchsichtige Glasscheibe ist ganz mit schwarzer Tusche dick überzogen, und hat bloſs einen durchsichtigen Ring, welchen man am besten erhält, wenn man sie mit stark geschwärztem Papiere überklebt, und bloſs den durchsichtigen Ring von 1,5 bis 2 oder 2,5 Lin. Breite unbedeckt läſst. Auf diesem Papiere läſst sich dann leicht mit etwas Kitt vermittelst dünnen Leders und venetianischen Terpentins das aus der Zeichnung kenntliche eiserne Scheibchen mit einer kleinen Vertiefung befestigen,

welcher das obere Erde der stählernen Spindel $\epsilon\epsilon'$ mit der ssingnen Scheibe $\gamma\gamma$ läuft. Das untere Ende ϵ' dieser Spin- ist etwas dicker, läuft in einer Vertiefung der metallenen hraube g, welche von unten mit einem Schlüssel höher ge-hroben werden kann, um einen schlotternden Gang zu ver-iden, ohne zu stark gegen die Glasscheibe $\alpha\alpha$ gepreſst zu rden und diese zu zersprengen. Endlich trägt die Scheibe die mit den gehörigen Pigmenten gefärbten Scheiben von pier, welche durch einen genau schlieſsenden Ring $\delta\delta$ fest-halten werden; der untere Theil der Spindel ϵ' aber ist mit nem kleinen Stiftchen versehen, an welchem eine feine sei-ne Schnur festgehakt und mehrmals um die Spindel geschlun-en wird, so daſs diese nebst ihrer Scheibe durch ein etwas rkes Anziehen der Schnur in eine unglaublich schnelle und, wegen des gröſseren Gewichtes der Scheibe, lange anhaltende Drehung versetzt wird, während deren Dauer das Auge bei o die aus der Verbindung der verschiedenen Farben neu ent-stehende beobachten kann.

Welche Versuche mit diesen beschriebenen Apparaten an-gestellt werden können, würde überflüssig seyn hier ausführ-lich zu erzählen, indem es aus demjenigen von selbst folgt, was oben über die Farben gesagt ist. Im Allgemeinen will ich daher nur bemerken, daſs die eigentliche optische Farben-theorie durch dieselben weder begründet noch erweitert wer-den kann, weil es kein Pigment giebt, welches die reinen prismatischen Farben, wie man sie genau genommen nur ver-mittelst eines *Fraunhoferschen Prisma's* von Flintglas erhält, darzustellen vermöchte, abgerechnet daſs das Auge oft nur durch den Gegensatz mit andern Farben über die eigentliche Beschaf-fenheit einer Farbe genau zu urtheilen im Stande ist, und in diesem Urtheile nicht selten durch gröſsere oder geringere In-tensität des farbigen Lichtes getäuscht wird. Wenn also E. G. Fischer[1] glaubt, daſs durch diese Versuche die Lehre von den drei Grundfarben Gelb, Roth, Blau und von den drei gemisch-ten, Grün, Orange, Violett bewiesen werde, weil diese drei in gleichen Sectoren auf der Farbenspindel Weiſs geben, so wird dieses schon dadurch widerlegt, daſs eine physikalische Wahrheit nur durch genaue Versuche, keineswegs aber durch

1 S. a. a. O.

Digitized by Google

mangelhafte bewiesen werden kann. Durch die Vereinig aller sieben Farben, eben wie durch Vereinigung von je der eben genannten, desgleichen von je zwei complementä wenn man sie auf die Sectoren der Farbenspindel aufträgt durch schnelle Drehung der letzteren ihren Lichteindruck das beobachtende Auge vermischt, kann zwar wohl ein weifsen Lichte ähnlicher Eindruck hervorgebracht werden lein die Farbe wird allezeit unrein, schmutzig und grau s so dafs sich kein bestimmtes Urtheil auf solche Versuche b läfst. Eben so geben Blau und Gelb zwar ein Grün, Roth Blau ein Violett, allein beide auf diese Weise erhaltene Fa sind von denen des reinen prismatischen Lichtes ausnehr verschieden. Die Apparate können also nur zur Belusti und Erläuterung der Farbenlehre gebraucht werden, mit gr rem Nutzen aber von dem Farbenkünstler, um zu untersuc welchen Eindruck der Anblick von zwei sich vermischer Pigmenten auf das Auge macht.

Die Wahl der Farben, welche man aufträgt, desglei die Helligkeit oder Tiefe, worin sie aufgetragen werden für das bessere Gelingen der Versuche von grofser Wic keit, und geschicht am besten von einem geübten und der che kundigen Maler. Lüdicke schlägt für weifses Licht gende zwölf Farben vor, mit der zugleich in Graden angeg nen Gröfse der einzelnen gefärbten Sectoren:

a. Röthlich Violett, 40,5 Grade, aus rothem Carmin etwas blauem.

b. Violett, 38 Grade, aus blauem Carmin mit e rothem.

c. Indigo, 36 Grade, aus blauem Carmin mit etwas nigem rothen.

d. Blau, 34 Grade, aus blauem Carmin.

e. Hellblau, 32 Grade, aus blauem Carmin mit (Grün, dünner aufgetragen.

f. Bläulich-Grün, 30,3 Grade, aus krystallisirtem C span in Essig aufgelöset, mit etwas Weinstein.

g. Gelblich-Grün, 28,6 Grade, aus der nämlichen lösung mit etwas Gummigutte versetzt.

h. Strohgelb, 27 Grade, aus Gummigutte mit ein nig Grün.

Digitized by Google

i. Gelb, 25,5 Grade, aus Gummigutte und sehr wenig rothem Carmin, um dem Gummigutte den grünlichen Schimmer zu nehmen.

k. Orange, 24 Grade, aus Gummigutte mit etwas rothem Carmin.

l. Hochroth, 22,7 Grade, aus rothem Carmin mit etwas Gummigutte.

m. Dunkelroth, 21,4 Grade, aus rothem Carmin.

Eine Wiederholung der Versuche mit den angegebenen Farben hat meine Erwartungen indeſs nicht befriedigt. *M.*

Farbenzerstreuung. S. **Zerstreuung der Farbenstrahlen**, und Anwendungen dieser Lehre im Art. **Fernrohr, achromatisches, Linsengläser, achromatische, Prisma, achromatisches.**

Fernrohr.

Seherohr, Teleskop, Fernglas; *tubus opticus, telescopium, conspicillum, conspicillum tubulatum*; lunette, lunette d'approche; *the telescope.*

1. Unter diesem Namen versteht man eigentlich alle Instrumente, welche entfernte Gegenstände vergröſsert, so, als ob sie näher gerückt wären, zeigen; da aber von den Fernröhren, die mit Hülfe eines Hohlspiegels diese Vergröſserung bewirken, im Art. *Spiegelteleskop* die Rede seyn wird, so handle ich hier nur die Theorie der **dioptrischen Fernröhre** oder **Refractoren** (*tubes dioptricus; lunette* dioptrique; *refracting telescope*) ab.

2. Die Geschichte der ersten Entdeckung der Fernröhre ist ungewiſs. Man hat sich sehr bemüht, den ersten Entdecker kennen zu lernen; aber da in neuern Zeiten nichts Erhebliches zu Aufhellung dieser Ungewiſsheit geschehen ist, so begnüge ich mich, nach Priestley[1], Gehler[2], und andern zuverlässigen Schriftstellern das, was man hierüber weiſs, mitzutheilen.

Was Mabillon[3] von einem Manuscripte aus dem drei-

---

1 Geschichte der Optik, übers. v. Klügel. S. 49.

2 In der ältern Ausgabe dieses Wörterbuchs.

3 Iter germanicum, welches den 4ten Band der Veterum analecto-

Digitized by Google

zehnten Jahrhundert erzählt, wobei sich ein Bild des Pt maeus, wie er die Gestirne durch ein aus mehreren in einar geschobenen Theilen bestehendes Rohr betrachtet, befindet, zu unbestimmt, um irgend einen Werth darauf zu legen, dieses Bild vielleicht ein Rohr ohne Gläser vorstellte. M würdiger ist, was ROGER BACO, der um das Ende des d zehnten Jahrhunderts lebte[1], sagt: Man könne durchsich Körper (perspicua) so bilden und ordnen, daſs man die genstände unter irgend einem Sehewinkel sähe, daſs man der gröſsten Ferne die kleinsten Buchstaben erkennen könne. GEHLER bemerkt indeſs hierbei, daſs hier nicht von wirk ausgeführten Instrumenten die Rede sey, sondern daſs neben diesem hingeworfenen Gedanken über einen in spä Zeit ausgeführten Gegenstand, auch andere eben so hingew fene Gedanken, in eben der Redeform: man kann, possumus finden, die ganz unausführbar sind. — Anderswo[2] sagt e der BACO, CAESAR habe die brittischen Häfen tubi ope trachtet; aber daſs man zu jener Zeit (im dreizehnten Jah Fernröhre mit Gläsern gehabt habe, ist dennoch höchst zw felhaft, da ein so merkwürdiger Gegenstand doch wohl gendwo vollständiger erwähnt wäre.

Auch in PORTA's Schriften[3] kömmt etwas vor, das Fernröhre hindeutet. Er sagt nämlich, durch ein Hohl sieht man entfernte Gegenstände deutlich, durch ein erhab Glas nahe Gegenstände; weiſs man beide gehörig zu verbind so wird man sowohl nahe als entfernte Gegenstände gröſser u

---

rum [Paris 1685. 4.] ausmacht, p. 46. Dieses iter germ. besonders gedruckt Hamburgi 1717. enthält die Abbildung dieses Rohrs, die Stelle ist dort p. 54.

1 Rog. Baconis opus majus. Vgl. Montucla hist. der math. I.

2 In einem von Wood Hist. et Antiquit. univ. Oxoniens. I p. 136. angeführten Manuscr.

3 Magia naturalis, s. de miraculis rer. nat. Neap. 1558. XVII. cap. 10. [Da mein Bemühen, diese Stelle aufzufinden, ve lich gewesen ist, so bemerke ich, daſs nach v. ZACH Corresp. as nomique II. 552. die erste Ausgabe von 1558 nur 3 Bücher enthält, zweite von 1589 hingegen 20 Bücher. In der letztern müſste man nachschlagen; aber diese habe ich nicht erhalten können, und Uebersetzung Magdeburg 1617. enthält nur 4 Bücher. Uebrigens hört das Buch zu den unsinnigsten und albernsten, die man schon k

ntlich sehen. Er fügt hinzu, er habe damit Freunden, die ılechte Augen hatten, grofse Dienste geleistet, indem er sie Stand setzte, deutlich zu sehen. — Was er hier eigentlich int, ist undeutlich; aber GEHLER bemerkt, dafs ein Schriftller wie Porta, dem es an Ehrgeiz nicht fehlte, eine so ichtige Entdeckung, wie die des Fernrohrs gewesen wäre, ohl umständlicher und wortreicher würde beschrieben haben. kannt ist überdas gar nicht, dafs er irgend etwas beobhtet habe, was auf den Gebrauch von Fernröhren schlien liefse.

HIERONYMUS SIRTURUS, ein Mailänder, welcher um etıs Vollständiges über das Fernrohr zu schreiben, mehrere nder bereisete[1], erzählt, 1609 sey ein Unbekannter, dem nsehen nach ein Holländer, zu dem Brillenmacher JOH. LIPRSEIN oder LIPPERSHEIM in Middelburg gekommen und habe ch einige erhabene und hohle Gläser schleifen lassen, und als diese in Empfang genommen, habe er ein erhabenes und ein hles bald näher, bald weiter von einander gehalten. Dieses be sich LIPPERSHEIM gemerkt, habe aus einer solchen Verndung zweier Gläser ein Fernrohr gemacht, und es dem Prinn MORITZ v. NASSAU gezeigt, eben dieser Schriftsteller verhert, in Spanien einen Baumeister ROGETUS angetroffen zu ben, der die Kunst, Fernröhre zu machen, schon lange geieben und ein Buch darüber geschrieben habe.

DESCARTES, der später über diese Erfindung redet[2], schreibt ie Entdeckung dem Zufall zu. Ein gewisser METIUS, ein ohn des als Mathematiker berühmten ADRIAN METIUS, habe ergnügen an Verfertigung von Spiegeln und Brenngläsern genden, und versucht, durch ein hohles und ein erhabenes Glas gleich zu sehen; er habe diese in einer Röhre so angebracht, ls daraus das erste Fernrohr entstanden sey.

PETER BORELLUS[3] schreibt diese Entdeckung mit vieler ahrscheinlichkeit dem Brillenmacher ZACHARIAS JANSEN in IDDELBURG zu. Er theilt gerichtliche Aussagen mit, nach

---

1 Telescopium. (Francof. 1618.) p. 24.

2 In der Dioptrica, welche 1637 erschien, sagte er, vor etwa Jahren sey durch Zufall das Fernrohr entdeckt. Cap. 1.

3 De vero telescopii inventore. Hagae Com. 1655. vorzüglich p. 12. u. 14. Vergl. J. d. Ph. XCIII. 150.

Digitized by Google

welchen der Sohn dieses Jansen bezeugt, sein Vater habe sch
1590 Fernröhre verfertigt, und eines dem Prinzen Mor
überreicht, das andere dem Erzherzoge ALBRECHT. Drei
dere Einwohner von Middelburg geben an, der eine, daſs sc
vor 1600, der andere, daſs vor 1605, der dritte vor 1610 in M
delburg Fernröhre von einem Brillenmacher HANS LAPREY v
fertigt wären. Diese Zeugnisse begleitet BORELLUS mit ei
Briefe des Holländischen Gesandten WILH. BOREEL, der
ZACH. JANSEN und dessen Vater gekannt zu haben versich
Er versichert, diese Künstler hätten dem Erzherzoge ALBRE
ein zusammengesetztes Mikroskop überreicht, und 1610
Fernrohr erfunden; ein Fernrohr sey dem Prinzen Mor
übergeben, und dieser habe ein im Kriege so nützliches
strument nicht wollen bekannt werden lassen. Dennoch
die Sache bekannt geworden und ein Unbekannter sey, aus
thum zu dem JOH. LAPREY (der hiernach mit dem LIPPERSH
einerlei zu seyn schiene,) gekommen, um sich eines machen
lassen; dieser habe aus dem, was der Unbekannte ihm sagte,
Einrichtung errathen, die Fernröhre nachgemacht und öff
lich verkauft. ADRIAN METIUS und DREBBEL hätten
JANSEN Fernröhre gekauft. Er bemerkt endlich auch noch,
sey nicht Zufall, sondern geschickte Zusammenordnung ge
sen. Diese Erzählung hat viel Wahrscheinliches und a
HUYGENS[1] versichert zu wissen, daſs schon vor METIUS
1609 ein Künstler in Middelburg Fernröhre gemacht habe.

WEIDLER beweist, daſs schon 1608 Fernröhre aus Holl
gekommen sind[2]. SIMON MARIUS nämlich erhielt von ei
Herrn JOH. PHIL. FUCHS von Bimbach die Nachricht, daſs
ein solches, von einem Holländer zu sehr hohem Preise a
gebotenes Instrument auf der Herbstmesse 1608 zu Frankfurt
Mayn gesehen habe. SIMON MARIUS probirte nun sogl
selbst ein Fernrohr zu machen, was aber, da die Nürnbe
Künstler keine Gläser von hinreichender Brennweite lief
konnten, nicht gelang. Dennoch war Marius schon im N
vember 1609 so glücklich, durch ein aus Holland erhalte
Fernrohr die Jupiterstrabanten zu entdecken[3].

---

1 Opusc. posth. Lugd. Bat. 1703. p. 136.

2 Historia astronomia Cap. 15. §. 12.

3 Als bemerkenswerth führt v. ZACH an, daſs man schon

GALILAEI erhielt im April oder Mai 1609 in Venedig Nachricht von einem solchen in Holland verfertigten Instrumente, welches entfernte Gegenstände so zeige, als ob sie nahe wären. Er reisete sogleich nach Padua zurück, und errieth schon in der folgenden Nacht die Einrichtung; er machte sich aus einem Planconvex- und einem Planconcav-Glase ein Fernrohr, und da dieses den erwarteten Erfolg zeigte, so machte er sogleich noch ein besseres, das achtmal vergröſserte. Dieses zeigte er gleich nachher in Venedig den dortigen gelehrten und angesehenen Männern, und machte nun bald mit Hülfe desselben die Entdeckungen am Himmel, die hier nicht weiter hergehören[1].

Daſs ein Neapolitaner FONTANA schon vor 1608 die Fernröhre gekannt zu haben behauptet, muſs wenigstens der Vollständigkeit wegen erwähnt werden[2].

3. Die weiteren Verbesserungen der Fernröhre will ich nur kurz erzählen. KEPLER gab zuerst eine theoretische Entwickelung der Gründe, warum das Fernrohr diese Wirkung zeige, und erfand das *astronomische Fernrohr* aus zwei Convexgläsern[3], dessen sich SCHEINER zuerst wirklich bedient zu haben scheint[4].

Schon KEPLER hatte bemerkt, daſs man das umgekehrt erscheinende Bild im astronomischen Fernrohre durch ein zweites Augenglas wieder aufrecht darstellen könne; aber diese minder angemessene Einrichtung ist nicht benutzt, sondern die des ANT. MAR. DE RHEITA[5] fand mit Recht mehr Beifall und gab das noch jetzt gebräuchliche Erdfernrohr. Man brachte auch noch mehr als drei Augengläser an, und erreichte dadurch einzelne Vortheile; unter andern waren DOLLONDS Fernröhre mit sechs Gläsern vor der Erfindung der achromatischen Fernröhre sehr beliebt[6].

---

die Fernröhre in London so zahlreich hatte, daſs von einer Auswahl die Rede seyn konnte. de Zach Correspondance astronomique. VII. 122.

1 Nuntius sidereus. Florent. 1610. p. 4—11.

2 Novae terrestrium et coelestium observationes. Neap. 1646.

3 Dioptrica. Aug. Vindel. 1611.

4 Rosa ursina. Bracciani 1630. p. 130.

5 Oculus Enochi et Eliae. Antv. 1665.

6 Phil. Tr. Vol. 48. p. 103.

Digitized by Google

Das Hauptbestreben der Optiker ging nun darauf hin, du Verlängerung der Fernröhre eine sehr starke Vergröſserung hinreichendem Lichte und hinreichender Deutlichkeit zu erh ten. EUSTACHIUS DE DIVINIS in Rom, CAMPANI in Bolog HUYGENS und AUZOUT brachten Gläser von ungemein groſ Brennweiten zu Stande, zum Beispiel die von CASSINI benu ten, deren Brennweiten 100 und 136 Fuſs waren, und du welche dieser die kleinern Saturnsmonde entdeckte, ferner von 123 Fuſs Brennweite, durch welches POUND und BRADI beobachteten; ja AUZOUT hat ein Glas von 600 Fuſs Bren weite verfertigt, das aber aus Mangel bequemer Aufstellung ni gebraucht werden konnte[1].

Die groſse Schwierigkeit, diese Gläser zum Gebrauche hinreichend lange Röhren zu fassen, worüber man sich HEVEL und BIANCHINI[2] belehren kann, gab Veranlassung Ferngläsern ohne Röhren oder *Luftferngläsern* (telesc aëriens). HUYGENS gab nämlich Mittel an[3] ohne so la Röhren, sich der Gläser von so groſser Brennweite zu bed nen, die ungefähr in Folgendem bestehen. Er befestigte Glas, welches als Objectivglas dienen sollte, in einem kur Rohre, das vermittelst einer Nuſs nach allen Seiten bewegl war. Dieses Rohr wurde an einer sehr hohen Stange, an d Giebel eines Hauses oder einem andern hohen Gegenstande festigt, und der untenstehende Beobachter konnte ihm verm telst einer Schnur alle erforderliche Richtungen geben; das A genglas konnte, unten angebracht, eben so in die erforderlich Stellungen und Richtungen gebracht werden, und so konn Gläser von ganz ungemein groſsen Brennweiten, wenigstens Nacht, wo das Auge durch fremde Lichtstrahlen, welche so durch das Rohr abgehalten werden, nicht gehindert wird,

1 HARTSOEKER giebt eine Methode an, solche Gläser zu verf gen. Essai de Dioptrique. Paris 1694. und auch HUYGENS gab leitung hierzu: Comm. de vitris figurandis in s. Opp. posth. L Bat. 1703.

2 Hevelii mach. coelestis Tom. II. Bianchini de Hesperi et P phori novis phaenom. Romae 1728.

3 Astroscopia compendiaria, tubi optici molimine liberata. gae 1684. und SMITH Lehrbegriff der Optik, übersetzt von Käst Altenburg 1755. S. 329. Taf. XIX. auch PRIESTLEY Geschichte Optik. S. 159 und MONTUCLA II. 509.

Digitized by Google

raucht werden. POUND und BRADLEY bedienten sich wirklich ner solchen unter HUYGENS eigner Aufsicht ausgeführten orrichtung und POUND sah durch das so angeordnete Fernrohr ie Saturnsmonde[1].

Unterdefs beschäftigten sich CARTESIUS und HUYGENS mit 'ervollkommung der Theorie. CARTESIUS[2] suchte Mittel, um urch hyperbolische und elliptische Gestalt der Oberflächen der läser diejenigen Fehler zu vermeiden, welche als Abweichung regen der Kugelgestalt bei den Linsengläsern statt finden.

HUYGENS[3] dagegen vervollkommnete durch Untersuchungen, welche die Anordnung der Gläser betrafen, die Theorie es Fernrohrs. Aber kurz nachher zeigten NEWTON, dafs der rössere Nachtheil in Hinsicht auf die Deutlichkeit der Bilder in ler Farbenzerstreuung liege, und dafs diesem durch veränderte Form der Gläser nicht abzuhelfen sey. NEWTON empfahl daher lie Spiegelteleskope, weil er eine Verbesserung der dioptrischen 'ernröhre in Hinsicht auf die Farbenzerstreuung für unmöglich hielt[4].

In der folgenden Zeit machte die Kunst, Fernröhre zu verfertigen, keine Fortschritte, bis EULER 1747 die Behauptung ufstellte[5], eine aus mehrern Gläsern zusammengesetzte Linse könne wohl die Farbenzerstreuung aufheben. Diese Behauptung schien indefs den Optikern blofs hypothetisch, DOLLOND sowohl als CLAIRAUT erklärten sich, auf NEWTON's Versuche gestützt, gegen sie; bis 1754 endlich KLINGENSTIERNA's Untersuchung in NEWTON's Schlüssen über die bei allen Körpern nach einerlei Gesetzen erfolgende Farbenzerstreuung Unrichtigkeiten aufdeckte[6]. Dieses veranlafste JOHN DOLLOND, einen Versuch

---

1 Aehnliche Vorschläge von BIANCHINI, und DE LA HIRE erwähnt Smith. S. 335.

2 Dioptrice Cap. 8. 9.

3 Opusc. posth. Lugd. Bat. 1703.

4 Optice Lib. I. Pars I. Propos. 7.

5 Mém. de l'ac. de Berlin. pour 1747. EULER gründete zuerst seine Behauptung auf die Brechung im Auge, indem er glaubte, im Auge werde die Farbenzerstreuung ganz aufgehoben. Obgleich nun dieses, wie unter andern FRAUNHOFER (G. LVI. 304.) zeigt, nicht streng richtig ist, so hat dennoch EULER sich hierdurch auf den rechten Weg leiten lassen.

6 Schwed. Abh. XVI. 300.

K 2

Digitized by Google

mit einem Wasserprisma und einem Glasprisma anzustellen, er den ausfahrenden Strahl, obgleich er mit dem einfallen parallel war, dennoch farbig fand, und dies bewog ihn n Prismen aus verschiedenen Glasarten so zusammen zu ordn dafs sie keine Farbenzerstreuung bewirkten, obgleich sie Brechung des Lichtes hervorbrachten, und endlich bracht achromatische Linsen zu Stande[1]. CLAIRAUT und D'ALEMB und KLINGENSTIERNA[3] suchten die Theorie zu vervollkom konnten aber doch keine den Künstlern nützliche Anleitung ben, sondern die achromatischen Fernröhre der Engländer hielten ihren Vorzug.

EULER konnte sich jetzt von der Richtigkeit der Dollo schen Versuche nicht überzeugen, da seine Theorie der Far zerstreuung etwas anderes zu ergeben schien, und erst CLAIRAUT ihn überzeugte, nicht Zufall, nicht glücklich au fallene Gestalt der Gläser, sondern eine den Versuchen ge angeordnete Form sey der Grund der Vorzüglichkeit der lond'schen Telescope, so gab er seine Theorie auf, und nun an, die Dollond'sche Erfindung durch eigene Untersuc gen aufzuklären[4]; und hieran schlossen sich die Bemühu von FUSS[5] und KLÜGEL[6]. Diese theoretischen Untersuc gen konnten indefs nicht bewirken, dafs die Fernröhre noch gröfsern Grad von Vollkommenheit erreichten, vie wurden nach PETER DOLLOND, der seinen Vater JOHN Do noch übertraf, selbst in England die achromatischen Fern schlechter, weil das dazu erforderliche Flintglas in schlec Qualität verfertigt wurde.

Erst durch FRAUNHOFER, der eine Methode, die Glas vollkommen rein darzustellen, erfand, und durch Theorie mechanisches Talent geleitet, es möglich machte, diopt Fernröhre von viel gröfserer Oeffnung der Objectivlinse zu

---

1 Phil. Tr. L. 733.

2 Mém. de l'ac. de Paris 1756. 1757. 1764. 1765. 1767.

3 Tentamen de corrigendis aberrationibus luminis in le refracti etc. Petrop. 1762.

4 Vorzüglich in L. Euleri Dioptrica. Petrop. et Lips. 17

5 Fufs Anweisung Fernröhre von grofser Vollkommenheit zu fertigen. Leipz. 1778.

6 Klügels analyt. Dioptrik. Leipz. 1778.

tigen, ist aufs Neue gezeigt, dafs die Kunst, dioptrische
rnröhre zu verfertigen, noch nicht ihren höchsten Gipfel er-
cht hat, und dafs wir, wenn ein gleich talentvoller Künstler
ne durch einen zu frühen Tod unterbrochenen Bemühun-
n weiter fortsetzt, noch stärkere Fernröhre erhalten können,
wir durch ihn besitzen, wenn gleich diese alles bis dahin
eistete weit übertreffen[1].

llgemeine Bemerkungen über die Einrichtung des Fernrohrs.

4. Wenn die von einem entfernten Gegenstande ausgehen-
n Strahlen ein convexes Glas treffen, so werden sie so ge-
chen, dafs die von einerlei Puncte ausgehenden Strahlen sich
eder in einen Punct vereinigen, und da dieses für jeden
nct gilt, so stellt sich dort, wo jene Vereinigungspuncte lie-
n, ein Bild des Gegenstandes dar. Dieses Bild betrachtet
n durch ein zweites Glas oder durch eine passende Verbin-
ng mehrerer Gläser, die so angeordnet sind, dafs der Gegen-
nd unter einem gröfsern Sehewinkel erscheint, als er sich
n blofsen Auge zeigt. Eine solche Verbindung von Gläsern
das Fernrohr, dessen Einrichtung im Einzelnen allerdings
r verschieden seyn kann.

Jenes Glas, welches die Lichtstrahlen von dem Gegen-
nde empfängt, heifst das **Objectivglas** (*vitrum ob-
tivum*; s. *lens objectiva*; lentille objective; *object-
afs*); das Glas, durch welches das Auge das entstandene
d besieht, heifst das Augenglas **Ocularglas** (*vitrum
lare* s. *lens ocularis*; lentille oculaire; *eye-glafs*)
zwar ein *einfaches* Ocular, wenn es nur aus einem Glase
eht, ein *zusammengesetztes*, wenn mehrere Gläser in der
larröhre verbunden sind.

Bei jedem Fernrohr kommt die Frage vor, wie stark die
rgröfserung (*amplificatio*; le grossissement;
magnifying power) sey, oder in welchem Verhältnisse
Sehewinkel mit Hülfe des Fernrohrs zu dem Sehewinkel
mit blofsen Augen gesehenen Gegenstandes stehe; wie grofs

---

1 Struve Beschreibung eines grofsen Refractors von Fraunhofer
at. 1825. und Schumach. astr. Nachr. IV. 17.

das **Gesichtsfeld** (*campus*; le champ; *the fiel*
oder der Raum ist, den man durch das Fernrohr übersieh
ferner welche *Lichtstärke* das Fernrohr gewährt, oder mit we
chem Glanze der Gegenstand im Fernrohr erscheint; endli
welchen Grad der *Deutlichkeit* das Bild des Gegenstandes i
Fernrohre besitzt.

Um die *Vergröſserung*, welche durch ein Fernrohr he
vorgebracht wird, durch eine Beobachtung kennen zu lerne
dient bei mäſsigen Vergröſserungen recht gut eine Beobachtu
mit beiden Augen, indem das eine Auge den Gegenstand dur
das Fernrohr besieht, während das andere frei auf eben de
selben gerichtet ist. Wenn beide Augen gleich gut sehen,
erblickt man dann den vergröſsert gesehenen Gegenstand v
dem schwebend, der in seiner natürlichen Gröſse erscheint, un
wenn der Gegenstand ein solcher ist, der gleiche Abtheilunge
darbietet, wozu man gewöhnlich die Dachziegel eines Haus
zu empfehlen pflegt, so läſst sich wahrnehmen, wie viele gle
che Abtheilungen des unvergröſsert gesehenen Gegenstand
von einer Abtheilung des vergröſsert gesehenen verdeckt we
den; diese Vergleichung giebt sogleich die Vergröſserung gen
genug für Zwecke, die keine sehr strenge Bestimmung forde
zumal dann, wenn die Vergröſserung nicht über das 20fach
oder 30fache hinausgeht. Zu genauern Bestimmungen führen d
im Folgenden angeführten Berechnungen. Das *Feld des Fern*
rohrs bestimmt man nach dem Sehewinkel, so daſs der Hal
messer des Sehefeldes in Graden und Minuten angegeben d
Gröſse des auf einmal zu übersehenden Raumes ausdrückt. M
findet es bei einem gegebenen Fernrohre am besten durch ei
Reihe astronomischer Beobachtungen. Zu diesem Zwecke ste
man das Fernrohr in unveränderlicher Stellung auf, und be
achtet die Zeit, welche irgend ein bekannter Stern gebrauc
um den ganzen Durchmesser des Feldes zu durchlaufen; hat d
Instrument ein Fadenkreuz, so kann man bei gut gearbeitete
Instrumenten den Faden als den Durchmesser ansehen und d
Fernrohr so stellen, daſs der Stern genau an dem Fad
durchgeht; sonst aber muſs man bei wiederholter Beobachtu
den Durchgang so zu erhalten suchen, daſs der Stern nic
eine Sehne, sondern den Durchmesser durchläuft. Für jed
bekannten Stern, dessen Declination man kennt, ist bekan

Digitized by Google

welchen Bogen er in gegebener Zeit durchläuft, und so erhält man also unmittelbar die Gröſse des Feldes in Minuten und Secunden ausgedrückt, am besten, wenn man bei Beobachtungen verschiedener Sterne ein Mittel aus den Beobachtungen nimmt.

Um die Lichtstärke abzuschätzen, muſs man das Maſs von Licht, welches das freie Auge von eben dem Gegenstande empfängt, als Einheit voraussetzen. Wenn der Halbmesser der Pupille $= a$ ist, und man durch l die bei jedem bestimmten Gegenstande verschiedene eigenthümliche Lichtstärke bezeichnet, so ist $\pi a^2 l$. der Ausdruck für das gesammte vom Auge aufgefangene Licht. Diese Lichtstärke, welche den gesammten Eindruck auf das Auge bestimmt, kommt allein in Betrachtung da, wo von keiner erheblichen scheinbaren Gröſse die Rede ist. Dagegen muſs man den Grad der Lichtstärke jedes einzelnen Punctes in dem uns erscheinenden Gegenstande, oder den Grad der Erleuchtung jedes einzelnen Punctes in dem auf der Retina dargestellten Bilde betrachten, wenn der Gegenstand eine erhebliche scheinbare Gröſse hat. Wäre zum Beispiel der gesehene Gegenstand kreisförmig von scheinbarem Halbmesser $= \varphi$, so wäre dieses Bild auf der Retina der Gröſse $\pi \varphi^2$ proportional, und jene gesammte Lichtmenge über das Bild ausgetheilt, gäbe eine mittlere Helligkeit $= \frac{a^2 l}{\varphi^2}$, als die gesehene Klarheit für jeden Punct des Gegenstandes. Wenn nun ein Fernrohr die Menge des dem Auge zugeführten Lichtes so vergröſsert, daſs sie $\mu . \pi a^2 l$ wird, statt daſs sie für das bloſse Auge $= \pi a^2 l$ war, so ist die absolute Lichtstärke des Fernrohrs $= \mu$; aber wenn zugleich der Sehewinkel so vergröſsert wird, daſs er $\lambda \varphi$ ist, so wird man bei Gegenständen, deren scheinbare Gröſse in Betrachtung kommt, die gesehene Helligkeit jedes Punctes $= \frac{\mu}{\lambda} \frac{a^2 l}{\varphi^2}$ setzen müssen.

Herschel knüpft hieran eine andere Betrachtung[1]. Wenn ein entfernter kugelförmiger Weltkörper Licht von bestimmter Intensität besitzt: so ist der Lichteindruck auf unser Auge nicht bloſs der Intensität $= i$, sondern auch der scheinbaren Flächengröſse $= \pi \varphi^2$ proportional. Aber φ ist der Entfernung $= D$

1 Philos. Transact. for 1800, und daraus in Bode's Jahrbuch für 1804. S. 231.

umgekehrt proportional, also, da hier bloſs von proportionale Ausdrücken die Rede ist, die uns zugesandte Lichtstärk $= i . \pi \varphi^2$, oder $= \frac{i}{D^2}$. So können wir also das gesammte vo unserm Auge aufgefangene Licht $= \frac{a^2 . i}{D^2}$ setzen, oder dies der Flächengröſse der Pupille und der Intensität i direct, de Quadrate der Entfernung D umgekehrt proportional setzen. Be sitzen wir nun ein Fernrohr, das dem Auge die gesamm Lichtmenge $= \frac{\mu . a^2 . i}{D^2}$ zuführt, und ist durch dieses Fer rohr die Empfindung in unserm Auge so, wie sie dem bloſs Auge seyn würde, wenn derselbe Gegenstand sich in der En fernung $\frac{1}{m}$ D befände, so ist $\frac{\mu . a^2 i}{D^2} = \frac{a^2 i}{\frac{1}{m^2} D^2} = \frac{m^2 a^2 i}{D^2}$, also $m = \sqrt{\mu}$. Hiernach ist also $m = \sqrt{\mu}$ die *Raum durchdri gende Kraft* (*space penetrating power*) des Fernroh oder ein Fernrohr, das dem Auge μ mal so viel Lichtstrahl zuführt, als das bloſse Auge empfinge, zeigt Gegenstände der Entfernung $D . \sqrt{\mu}$ mit eben so viel gesammtem Glan als sie dem bloſsen Auge erschiene, wenn ihre Entfern $= D$ wäre.

Herschels 40fuſsiger Telescop bringt über 36500 mal viel Lichtstrahlen in das Auge, als das bloſse Auge von ei dem Gegenstande empfinge, und seine Raum durchdringen Kraft ist daher $= 191$, oder dieses Fernrohr würde den Sir wenn er 191 mal so weit hinausgerückt würde, noch eb so glänzend zeigen, als er jetzt dem bloſsen Auge erscheint[1].

Die *Deutlichkeit* des Bildes im Fernrohr würde vollko men seyn, wenn die Gläser oder Spiegel alle von *einem* Pun ausgehenden Strahlen in *einem* Puncte vereinigten. Dieses schieht nicht, theils vermöge der Abweichung wegen der K gelgestalt, theils vermöge der Abweichung wegen der Farb zerstreuung, die letzte kommt bei vollkommen achromatisc Gläsern und bei Spiegelteleskopen nicht in Betrachtung, bei nicht achromatischen, dioptrischen Fernröhren aber machte

1 Vergl. unten No. 13.

ade die Hauptsache aus, und deshalb diente sie zu Begrün-
ıg der von HUYGENS für die Apertur gegebenen Regeln[1].

5. Die *Axe des Fernrohrs* ist diejenige gerade Linie, in wel-
er sich die Mittelpuncte aller der Kugelflächen befinden, de-
ı Theile die Oberfläche der convexen oder concaven Gläser
ıd. Alle diese Mittelpuncte müssen in derselben geraden Li-
liegen, wenn das Fernrohr seine Dienste thun soll, und es
len dann zugleich die Brennpuncte der Gläser, es mögen nun
hre Sammlungspuncte oder Zerstreuungspuncte seyn, in eben
gerade Linie. Ist die Stellung der Gläser dieser Forderung
näfs berichtigt, so heifst das Fernrohr richtig *centrirt*. Wie
r Weg der Lichtstrahlen durch die Linsengläser bestimmt
rden mufs, wird in dem Artikel *Linsengläser* umständlich
zeigt; ich werde hier die dort anzugebenden Formeln blofs
führen und ihrem Sinne nach erklären.

Es sey $\frac{n}{m}$ das Brechungsverhältnifs für Strahlen, die aus
ıft in das Glas der zu betrachtenden Linse übergehen; r und ϱ
ıd die Halbmesser der beiden Kugeln, denen die beiden
erflächen des Linsenglases zugehören; b ist die Entfernung
s Gegenstandes vom Linsenglase, x die Entfernung des Bil-
s oder des Sammelpunctes hinter dem Glase, so ist

$$= \frac{n b r \varrho}{(m-n)\, b\, (r+\varrho) - n r \varrho},$$ wenn die Dicke des Glases
s unbedeutend nicht beachtet wird. Diese Formel gilt für alle
ınfachen Linsengläser, nur mufs, da sie für Gläser, die an
eiden Seiten convex sind, eingerichtet ist, derjenige Radius
oder ϱ, welcher einer concaven Oberfläche entspricht, als ne-
tiv in die Rechnung gebracht werden. Wenn hier x positiv
sfällt, so bedeutet es eine Entfernung des Bildes an der dem
bjecte entgegengesetzten Seite; negative Werthe von x zeigen
gegen an, dafs die Strahlen an jener Seite des Glases so fort-
hen, als ob sie von einem in der Entfernung = x vor dem
lase liegenden Puncte ausgingen. In jenem Falle, der bei
onvexgläsern und erheblich entfernten Gegenständen immer
att findet, ist es ein wirklicher *Sammelpunct* der Strahlen, in
em andern Falle, der bei Hohlgläsern eintritt, ist es ein *Zer-*

---

1 Vergl. nachher No. 14.

Digitized by Google

strnuungspunct, und nur in jenem Falle ist ein wirklic Bild vorhanden. Wenn der Gegenstand sehr entfernt liegt, kann b als unendlich grofs angesehen werden, und dann g x in die Brennweite $f = \frac{n r \varrho}{(m-n)(r+\varrho)}$ über und man er nun allgemein $x = \frac{bf}{b-f}$. Ich gehe nun zu Betrachtung einzelnen Einrichtungen der Fernröhre über.

Das Holländische oder Galiläisc Fernrohr.

6. Das zuerst in Gebrauch gekommene Fernrohr, wel das holländische Fernrohr (*tubus batavus*; telesc hollandois; *dutch telescope*) oder das Galiläi'sc Fernrohr (*tubus Galilaeanus*; lunette de Gali *Galileo's telescope*) genannt wird, gewährte die Anne lichkeit, dafs man mit zwei Gläsern nicht nur ein vergröfse sondern auch ein aufrechtes Bild des Gegenstandes erhielt. Objectivglas war ein convexes Glas von nicht zu kleiner Br weite, das Ocularglas ein concaves Glas von geringerem stande des Zerstreuungspunctes. Um die Wirkung des Ins mentes zu beurthei. n, will ich zuerst Strahlen, die von ei ungemein entfernten in der Axe des Fernrohrs liegenden Pu
Fig. 29. A ausgehen, betrachten. Diese fallen, weil sie von eine entfernten Puncte ausgehen, fast völlig parallel auf, und einigen sich in dem Brennpuncte a des Objectivglases. Wi hen hier diese Vereinigung als vollkommen an, obgleich sie sehr grofsen Linsen das nicht wäre, da hier nur von Lin deren Kugeltheile sehr kleine Bogen umfassen, die Rede Eben so würden Strahlen mn, pC, welche geneigt gegen Axe, unter sich parallel einfallen, sich in b vereinigen, der Punct b würde bestimmt, wenn man auf dem durch Mitte C des Glases gehenden Strahle, welcher ungebro durchgeht, Cb der Brennweite gleich auftrüge. In ab w sich nun ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes darste wenn nicht das zwischen C und ab aufgestellte Hohlgla nach a convergirenden oder vielmehr nach den einze Puncten von ab convergirenden Strahlen auffinge. Steht ses Hohlglas so, dafs a sein Zerstreuungspunct ist, so leh

heorie der Linsengläser, daſs die gegen a convergirenden rahlen, wie u R, C v, nach dem Durchgange durch das conve Glas parallel werden, und daſs also ein fernsichtiges Auge o den Punct A deutlich sieht. Eben so werden die mit p C rallel einfallenden, nach der Brechung im Objectivglase gegen convergirenden Strahlen, bei der eben angenommenen Stelng des Oculars, aus diesem unter sich parallel, so wie v b, s t, ervorgehen, und das Auge in o wird auch den Punct, von elchem sie ausgehen, und so alle zwischen jenen liegende uncte deutlich sehen.

7. Das Auge in o sieht aber auch den Gegenstand vergröſsert. Wenn p C, A C die Strahlen sind, die von dem obersten und untersten Puncte des Gegenstandes zum Auge kommen, so würde ein Auge in C den Gegenstand unter dem Sehewinkel p C A sehen, und da das Auge in o so wenig weiter entfernt ist, daſs dieses in Vergleichung gegen die Entfernung des Gegenstandes nicht in Betrachtung kommen kann, so ist p C A der natürliche Sehewinkel für das Auge in o der durch das Fernrohr vergröſserte Sehewinkel dagegen ist r o v, und es läſst sich leicht zeigen, in welchem Verhältnisse dieser gröſser als p C A ist. Die beiden durch die Mitte des Objectivglases gehenden Strahlen A a, p b, würden ungebrochen nach a und b gelangen, wenn das Ocular nicht da wäre; aber im Ocular wird C s b in die Richtung s t gebrochen und unter den gegen b gerichteten Strahlen kommt nur der durch die Mitte des Oculars gehende Strahl u v b nach b, und mit ihm sind alle ausfallende vom obern Puncte des Gegenstandes herkommende Strahlen r o, v b, s t parallel. Der Winkel $rov = avb$ ist also so bestimmt, daſs $ab = va$. Tang. $rov = Ca$. Tang. pCA ist, oder da hier Tangente und Bogen als gleich anzusehen sind, der Winkel $rov = \frac{Ca}{va} . pCA$, der vergröſserte Sehewinkel verhält sich also zum natürlichen Sehewinkel, wie C a zu v a, wie die Brennweite des Objectivs zu der Entfernung des Zerstreuungspunctes des Oculars. Wenn also zum Beispiel mit einem Ocular, dessen Zerstreuungspunct 1 Zoll entfernt ist, eine 30 malige Vergröſserung bewirkt werden sollte, so müſste das Objectiv 30 Zoll Brennweite haben. Die Länge des Fernrohrs, d. h. der Abstand beider Gläser von einander, ist dem Unterschiede beider Brennweiten gleich. Wenn die Gläser so geschliffen sind, daſs

Digitized by Google

beide convexe Seiten des Objectivs einerlei Kugelfläche angehören, so ist die Brennweite

$$f = \frac{nr}{2(m-n)},$$

und wenn eben so r' den Halbmesser beider Oberflächen des Hohlglases bezeichnet, so ist für dieses

$$f' = \frac{-n \cdot r'}{2(m-n)},$$

also $\frac{f}{f'} = \frac{r}{r'}$, die Vergröfserung. In andern Fällen würde dieser Ausdruck verwickelter, wenn man ihn durch die Radien angeben wollte.

8. Dieses Fernrohr hat die Unbequemlichkeit, ein sehr kleines Gesichtsfeld zu geben, besonders dann, wenn das Auge nicht ungemein nahe hinter dem Augenglase steht. Stellt in unserer Figur u den äufserten Punct des Glases vor, so ist zu der äufserste gegen die Axe geneigte Strahl, welcher noch nach zuro gebrochen, das Auge o erreicht, und wenn pC mit zu parallel ist, so ist pCA der Halbmesser des Gesichtsfeldes. Das Bild ab soll hier alles was in dem Halbmesser des Gesichtsfeldes liegt, darstellen, und wenn ich also diesen $= \varphi = pCA$ nenne und Bogen und Tangente verwechsle, so ist $ab = Ca \cdot \varphi = f \cdot \varphi$, wenn f die Brennweite ist. Der Punct r, wo der äufserste auf das Glas fallende und nach b gelangende Strahl das Ocular trifft, wird hier zunächst durch rv vermittelst der Proportion $(ab + rv) : ab + cu = av : aC$, oder wenn der Halbmesser des Objectivs $Cu = h$ ist, durch

$$f \cdot \varphi + rv : f \cdot \varphi + h = f' : f,$$

$$\text{das ist } rv = f' \cdot \varphi + \frac{f'}{f} \cdot h - f \cdot \varphi$$

bestimmt. Nenne ich aber die Entfernung des Auges vom Ocular $ov = z$, so ist auch $rv = z \cdot \frac{f\varphi}{f'}$ und daher $\varphi = \frac{h \cdot f'^2}{f(zf + (f-f')f)}$.

Bei einem Objective also, dessen Halbmesser $= h$, einen Zoll betrüge, und das zehnmal vergröfsern sollte, also $\frac{f}{f'} = 10$, würde $\varphi = \frac{\frac{1}{10} \cdot h}{10 \cdot z + 9 \cdot f'}$ also für $z = \frac{1}{4}$ Zoll und $f' = 1$ Zoll, $\varphi = 31'$; dagegen für $z = \frac{1}{2}$ Zoll, $\varphi = 24'$. Sollte aber $\frac{f}{f'} = 20$ seyn, und $h = f' = 1$, so wäre für $z = \frac{1}{4}$ Zoll, $\varphi = 8'$,

Digitized by Google

ein ungemein kleines Sehefeld, dabei müſste $vr = \frac{hz}{z\frac{f}{f'} + (f - f')}$

seyn, oder so groſs müſste wenigstens der Halbmesser des Ocu-lars seyn, um die vom Rande des Gesichtsfeldes kommenden Strahlen noch durchzulassen. Die Kleinheit der Gesichtsfeldes, selbst bei mäſsigen Vergröſserungen, ist der Grund, warum dieses Fernrohr nicht mehr im Gebrauche ist, und nur noch zu Taschenfernröhren angewandt wird, wobei $\frac{f}{f'}$ kaum jemals einen höhern Werth als 4 oder 5 hat. In diesem Falle wird, wenn h auch nur $\frac{1}{4}$ Zoll ist, und $f' = 1$ Zoll, $z = \frac{1}{4}$ Zoll wäre, doch beträchtlich über 1 Grad. Das Gesichtsfeld würde vergröſsert, wenn man zwischen den bisher betrachteten beiden Gläsern noch ein convexes Glas einsetzte, aber da wir eine ähnliche Einrichtung zur Sammlung der Strahlen nachher bei dem astronomischen Fernrohr betrachten müssen, so will ich sie hier übergehen.

9. Dagegen muſs ich doch noch erwähnen, was für Aen-derungen dieses Fernrohr erleiden muſs, wenn der beobachtete Gegenstand weniger entfernt ist, und ferner wenn das Auge kurzsichtig ist.

Wenn der Gegenstand näher ist, so daſs in der Formel für x (No. 5.) das letzte Glied des Nenners nicht ganz unbedeutend wird, so wird der Abstand des Bildes, Ca, gröſser. Nehmen wir noch immer einen fernsichtigen Beobachter an, der also das Augenglas so stellt, daſs es ihm parallele Strahlen giebt: so muſs dieser das Augenglas ein wenig vom Objective entfernen, nämlich so, daſs der Zerstreuungspunct des Hohlglases nun mit dem in der Axe liegenden Puncte des Bildes zusammenfällt. Da man nie ungemein nahe Gegenstände betrachtet, so wird $x = \frac{fb}{b - f}$ oder wenn $b = \mu f$ ist, $x = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot f$, niemals sehr von f verschieden, jedoch für einen Gegenstand, dessen Entfernung zehnfach so groſs als f, erhielt man $x = f + \frac{1}{9} f$, so daſs das Vorrücken des Oculars allerdings ein Neuntel der Brennweite betragen würde. Ist der Beobachter dagegen kurzsichtig, richtet aber seine Beobachtung auf einen unendlich entfernten Gegenstand, so bleibt Ca die wahre Brennweite,

die Mitte C einfallenden Strahlen sehen, nur die, als die äuſ sten, von welchen der gerade fortgeführte Lichtstrahl p C Rand H des Oculars träfe. Diese Gegenstände scheinen dem ge o um den Winkel v o H von der Axe entfernt zu liegen; Winkel aber, um welchen eben diese Gegenstände dem blo Auge von der Axe entfernt zu liegen scheinen, ist der H messer des Gesichtsfeldes $= HCv = pCA$, und dieser Wi kann $\varphi = \frac{h'}{f+f'}$ gesetzt werden, wenn h′ der Halbme des Augenglases ist; φ ist also so groſs, als der Halbme des Oculars von dem Mittelpuncte des Objectives aus g hen, erscheint. Bei kurzen Fernröhren müſste man Tang. $pCA = \frac{h'}{f+f'}$ den Winkel selbst erst suchen. Ue gens versteht es sich von selbst, daſs h′ der Halbmesser des fenen Theiles des Augenglases ist, wenn dieses zum Th durch eine Blendung bedeckt wäre.

12. Man kann ein gröſseres Gesichtsfeld mit Hülfe ei doppelten Oculars erhalten. Um die Wirkung dieses doppe Oculars in Hinsicht auf Vergröſserung zu übersehen, nehme das erste Ocular zwischen dem Objectiv und seinem Brennpu Fig. 81. in der Entfernung $fx = k$ vom Brennpuncte an.

Da nun die im Objective gebrochenen Strahlen gegen f co vergiren, so ist in der Formel (No. 4.) $b = -k$ zu setzen, un $x = gx = \frac{kf'}{k+f'}$ giebt den Abstand des Bildes g m vom O lare; die Strahlen, welche sonst in f gesammelt wären, ko men nun in g, die welche sonst in l gesammelt wären, ko men nun in m zusammen. Das zweite Ocular sey in z au stellt, so daſs z g die Brennweite $= f''$ ist; dann sieht ein seits z t stehendes Auge den Gegenstand durch parallele Stra deutlich, aber umgekehrt so wie das Bild g m es zeigt. Sehewinkel, der ohne Fernrohr $= fCl = \varphi$, war, ist $=$ g geworden, und wenn man $f'' = x$, oder $zg = gx$ nimm ist $gzm = gxm = \frac{f}{k}\varphi$, weil $fl = f.\varphi = k.gxm$ ist, da Winkel und Tangente verwechselt werden dürfen. Die V gröſserung ist also $= \frac{f}{k}$.

Die Gröſse des Gesichtsfeldes wird auch hier durch den Winkel $x C y = \varphi$ bestimmt, wenn $y x$ der Halbmesser des ersten Oculars ist, und dieser Winkel würde hier durch $\frac{h'}{f-k}$ ausgedrückt, wenn h' den Halbmesser des Augenglases angäbe. Also, wenn hier die Vergröſserung $= \frac{f}{k} = m$ heiſst, so wäre $\varphi = \frac{h'}{k(m-1)}$. Ich will dieses sogleich auf ein bestimmtes Beispiel anwenden. Das erste Ocular sey so aufgestellt, daſs $k = \frac{1}{2} f'$ ist, so würde die Vergröſserung $= \frac{2f}{f'} = m$; f'', welches $= x$ war, würde $= \frac{1}{3} f'$. Das zweite Ocular muſs einen so groſsen Halbmesser $= h''$ haben, daſs jener Hauptstrahl $C y$, der die Axe in C schneiden würde, das Ocular noch treffe. Die Entfernung $x o$ wird hier $= \frac{cx \,.\, f'}{cx - f'} = \frac{(f-k) f'}{f-k-f'} = \frac{\left(f - \frac{1}{2} f'\right) f'}{f - \frac{3}{2} f'}$

und folglich $z o = x o - 2 f'' = x o - \frac{2}{3} f'$

$$= f' \left(\frac{2f - f'}{2f - 3f'} \right) - \frac{2}{3} f' = \frac{\left(\frac{2}{3} f + f'\right) f'}{2f - 3f'}$$

und offenbar $h'' = \frac{h' \,.\, z o}{x o} = h' \left(\frac{\frac{2}{3} f + f'}{2f - f'} \right)$.

Da nun h'' einen gewissen Theil der Brennweite nicht überschreiten darf, ohne Undeutlichkeit der Bilder zu bewirken, so sey $h'' = \mu f''$; dieses richtige Maaſs dann ist

$$h' = h'' \left(\frac{2f - f'}{\frac{2}{3} f + f'} \right)$$

$$= \mu f'' \left(\frac{2f - f'}{\frac{2}{3} f + f'} \right)$$

$$= \mu f' \left(\frac{2f - f'}{2f + 3f'} \right),$$

so daſs h' noch etwas geringer wird, als es nach jenem Verhältnisse wohl dürfte. Hätte man mit *einem* Ocular die Ver-

Digitized by Google

größerung $=\frac{2f}{f'}$ erreichen wollen, so hätte man dem Ocu

die Brennweite $=\frac{1}{2}f'$ geben müssen, und dann wäre d

Halbmesser des Gesichtsfeldes $=\frac{\frac{1}{2}\mu f'}{f+\frac{1}{2}f'}$ geworden; jetzt hi

gegen hat man bei eben der Vergrößerung den Halbmesser d

Gesichtsfeldes $=\frac{h'}{k(m-1)}=\frac{h'}{f-\frac{1}{2}f'}$ und da $h'=\frac{\mu f'(2f-}{2f+3f}$

seyn sollte, so ist des Gesichtsfeldes Halbmesser $=\frac{2\mu f}{2f+}$

oder $=\frac{\mu f'}{f+\frac{3}{2}f'}$, welches fast genau das Doppelte dessen

was wir bei dem einfachen Oculare erhielten.

13. Die *Lichtstärke* des Fernrohrs läſst sich aus folgen Ueberlegungen beurtheilen. Wenn h der Halbmesser des O jectivs ist, so fällt von eben dem Gegenstande, der dem bloſ Auge die Lichtmenge $\pi \,.\, a^2 \,.\, l$ zusandte[1], auf das Objectiv die Lichtmenge $=\pi h^2.l$, und wenn das Augenglas alle di vereinigten Strahlen, nachdem sie durch den Brennpunct gangen sind, auffängt, und wenn dann der Augenstern g genug ist, sie aufzunehmen, so ist, in Hinsicht auf den g sammten Glanz, die Lichtstärke des Fernrohrs $=\pi \,.\, h^2.l$ $=\frac{h^2}{a^2}.\pi.a^2.l$, oder $\frac{h^2}{a^2}$ drückt dann das aus, was ich No. 4. μ nannte.

Wenn der Gegenstand ein so höchst kleiner ist, wie Fixstern, so hat man allein diese ganze Lichtmenge zu bestim nöthig, jedoch müſste man, wenn der Augenstern nicht
Fig. 30. ganzen Lichtkegel d a e faſste, deſshalb eine Reduction vorn men, die aber, weil $vd=\frac{h.f'}{f}$ ist, nur dann nöthig w wenn $a<\frac{hf'}{f}$ ist. Wäre der Gegenstand kein Fixstern, s dern gröſser, so daſs sein Bild einen erheblichen Raum a b e

1 Vergl. No. 4.

mmt, so wäre nach den frühern Bemerkungen der mittlere rad der Erleuchtung auf der Retina beim bloſsen Auge der röſse $\frac{a^2 l}{\varphi^2}$ proportional; wo φ den scheinbaren Halbmesser deutet, und jetzt würde, da das Bild auf der Retina dem ver-öſserten Sehewinkel $= \frac{\varphi . f}{f'}$ gemäſs ist, die vergröſserte Licht-nge $= \pi h^2 . l.$ durch $\frac{\pi . \varphi^2 f^2}{f'^2}$ zu dividiren seyn, also $\frac{f'^2}{f^2} l$ würde der Ausdruck für die dem Auge erscheinende lligkeit seyn; und $\frac{h^2 f'^2}{a^2 f^2}$ zu 1 würde ihr Verhältniſs zu rjenigen angeben, welche für das bloſse Auge, wenn es den-lben Gegenstand betrachtete, statt fand. Diese Formel ergiebt Beziehung auf Gegenstände von merklichem scheinbarem rchmesser die Regel, daſs die mittlere Intensität des Glanzes ar erstlich der Gröſse der Fläche des Objectivglases direct, n aber auch dem Quadrate der Vergröſserung umgekehrt pro-tional ist. Auf den Lichtverlust beim Durchgange durch le Gläser ist hier nicht gesehen; wenn man durch Versuche Bruch kennt, der das Verhältniſs des von ihnen durchgelas-en Lichtes gegen das auffallende angiebt, so muſs jener Aus-ck noch damit multiplicirt werden. Wenn also z. B. das öſse Fraunhofer'sche Fernrohr in Dorpat 9 Zoll Objectiv-ffnung hat, und wir dem Augenstern die Gröſse $= \frac{1}{6}$ Zoll legen[1], so wäre die absolute Lichtstärke $= 54^2$, und die m durchdringende Kraft $= 54$; für einen Körper dagegen, merklich vergröſsert gesehen wird, wäre bei der schwäch-140 maligen Vergröſseruug die Helligkeit jedes Punctes $\left(\frac{54}{140}\right)^2 = \frac{1}{7}$ ungefähr, bei der stärksten 480 maligen Ver-erung $= \left(\frac{54}{480}\right)^2 = \frac{1}{80}$ ungefähr, und es erhellet also, m man bei Gegenständen, die nicht sehr lichtvoll sind, die gröſserung nicht zu weit treiben darf.

14. Bei denjenigen astronomischen Fernröhren, welche

[1] Nach Herschel Astr. Jahrb. 1804. S. 231.

noch keine achromatische Objective hatten, verdiente vorzügli die Frage, wie grofs man die Objectiv-Oeffnung nehmen dür ohne ein durch die Farbenzerstreuung zu sehr undeutlich w dendes Bild zu erhalten, eine genauere Untersuchung. Di Frage war um so wichtiger, da, wie wir eben gesehen haben, Lichtstärke des im Fernrohr gesehenen Bildes mit der Gröfse Oeffnung sehr zunimmt, und man von dieser so wenig als m lich aufzuopfern wünschte. Huygens hat vorzüglich sich b müht [1], die Regeln, wonach die Gröfse der Oeffnung, **Apertur** *(apertura*, ouverture, *aperture)*, der fr Durchmesser des Objectivs, bestimmt werden müsse, anzugeb hatte das Objectiv einen gröfseren Durchmesser, so mufste ser mit einer *Blendung (annulus, aperturam lentium definie* das ist mit einem Ringe von Holz, Blech oder Pappe, bel werden, um die vom Rande herkommenden, das Bild und lich machenden, Strahlen abzuhalten. Huygens's Regeln ruhen auf folgenden Ueberlegungen.

Wenn man die Abweichung wegen der Kugelgestalt, unbedeutend gegen die wegen der Farbenzerstreuung, bei S setzt, so kommt hier alles auf die Betrachtung zurück, dafs Brennweite des Objectivglases nicht dieselbe ist für die Stra der einen und der andern Farbe. Das Brechungsverhältni ist, wenn ich hier nur bei Newton's Bestimmung stehen blei indem jede einzelne Glasart doch etwas anderes giebt, =0 für rothe, und 0,641 für violette Strahlen, und der Brennpu der rothen Strahlen h liegt also in der Entfernung $= \frac{0,65}{0,35} \cdot \frac{r.}{(r+}$

Fig. 32. der Brennpunct k der violetten Strahlen in der Entfern $= \frac{0,641}{0,359} \cdot \frac{r \cdot \varrho}{r+\varrho}$. Stellen wir also das Augenglas so, dafs den mitten zwischen k und h liegenden Punct am deutlich sehen, so vereinigen sich hier die auf das Objectiv AB auffal den von einerlei Puncten ausgehenden Strahlen nicht in nen einzigen Punct, sondern in einen Kreis vom Halbm

$$= \frac{CA \cdot kh}{kC + hC} = \frac{h \cdot (1,857 - 1,786)}{1,857 + 1,786} = \frac{h \cdot (0,071)}{3,643} = h \cdot 0,019$$

---

1 Hugenii opuscul. posth. Lugd. Bat. 1703.

wenn h der Halbmesser des Objectives ist. Die Zahl 0,0195, welche stets dieselbe bleibt, wenn man einerlei Glasart beibehält, will ich $=\zeta$ setzen, so ist dieses Kreises Inhalt $=\pi.\zeta^2.h^2$.

Dieser Kreis erscheint aber desto gröfser oder macht auf der Netzhaut ein desto gröfseres Bild, je näher das Auge steht, oder welches hier dasselbe ist, je kleiner die Brennweite des Augenglases ist. Jenes kleinen Kreises Halbmesser nämlich erscheint dem durch das Augenglas von der Brennweite f′ sehenden Auge unter einem Sehewinkel, dessen Tangente $=\frac{\zeta.h}{f'}$ ist, und der auf der Netzhaut dss Auges hervorgebrachte Kreis hat also eine der Gröfse $\frac{\zeta^2.h^2}{f'^2}$ proportionale Gröfse, und dieser Ausdruck giebt das Mafs der Undeutlichkeit, welche verschwinden würde, wenn $\zeta=0$ wäre oder ein von Farbenzerstreuung freies Objectivglas genommen würde. Bei gleicher Glasart ist er dem Quadrate von h direct, dem Quadrate von f′ umgekehrt proportional.

Die Frage, welche Apertur man dem Fernrohre geben dürfe, kam nun darauf hinaus, zu bestimmen, wie grofs die Apertur $=2H$ eines andern Fernrohrs seyn dürfe, dessen Objectiv und Ocular die Brennweite F und F′ haben, wenn die Lichtstärke und Deutlichkeit in beiden Fernröhren gleich seyn soll. Die Gleichheit der Lichtstärke wurde durch

$$\frac{h^2.f'^2}{f^2}=\frac{H^2.F'^2}{F^2},$$

die Gleichheit der Deutlichkeit durch

$$\frac{h^2}{f'^2}=\frac{H^2}{F'^2}$$ angegeben; soll also die Vergröfserung $\frac{F}{F'}=v.\frac{f}{f'}$ seyn, oder das zu bestimmende Fernrohr v mal so viel als das andere vergröfsern, so mufs $F'=vf'$ und $H=v.h$ seyn, und $F=v^2.f$, oder $H^2:h^2=F:f$. Die Brennweite des Augenglases und eben so auch die Apertur sind also der Vergröfserung proportional, beide aber auch der Quadratwurzel aus der Brennweite des Objectivs. Wenn man also 20 malige Vergröfserung bei 1 Fufs Brennweite des Objectivs, 0,55 Zoll Apertur und 0,61 Zoll Brennweite des Augenglases erreichte, so ward für 100 malige Vergröfserung eine Brennweite des Objectivs = 25 Fufs, Apertur = 2,75 Zoll, Brennweite des Oculars = 3,05 erfordert, und um 400 malige Ver-

gröſserung bei gleicher Deutlichkeit und Lichtstärke zu erha hätte des Objectivs Brennweite 400 Fuſs seyn müssen, v denn eine Oeffnung von 11 Zoll und Brennweite des Oc = 12 Zoll gehört hätte. Um die Vergleichung zwischen sem ungeheuern Fernrohr von 400 Fuſs Länge und dem 16f gen Fraunhofer'schen zu vollenden, müſste man nun doch die Betrachtung, daſs jenes immer noch einige Fehler wegen Farbenzerstreuung behielt, hinzufügen [1].

15. Die Frage, wie man das Fernrohr für nähere Ge stände oder wie man es für kurzsichtige Augen stellen läſst sich hier fast eben so, wie in No. 9. beantworten.
Fig. 30. Bild eines nähern Gegenstandes liegt weiter nach v zu, al Brennpunct a des Objectivs, und das Augenglas GH muſs etwas weiter vom Objective entfernt werden, damit der Br punct des Oculars mit dem Bilde zusammenfalle. Sieht Kurzsichtiger durch das Fernrohr, so verlangt er die he gehenden Strahlen vo nicht unter sich parallel, sondern divergirend, er muſs daher das Ocular dem Objective etwa her bringen. Um diese Stellung des Augenglases zu erha um sie so, wie jedes Auge es fordert, zu berichtigen, haben die vergröſsernden Fernröhre eine Stellschraube, mit der man sehr Aenderungen hervorbringt; denn bei kleinen Brennweiten Oculars bedarf es nur unbedeutender Aenderungen, um Fernrohr jedem Auge angemessen zu machen.

16. Als eine besondere Art der astronomischen Fernröhre man die **Kometensucher**, oder **Nachtfernrö** an *(telescopia nocturna;* lunettes de nuit; *ni telescopes*, auch wohl *kits-eyes,* Katzen-Augen gen Ihre Bestimmung ist Gegenstände, die wenig Licht haben deren Ort man nicht genau kennt, aufzusuchen, z. B. am mel die Kometen, kleine Sterne oder Nebelflecke, auf der bei Nacht Gegenstände, die wenig erleuchtet sind, z. B. Sc oder Gegenstände am Ufer, wenn die Schiffer sich ihrer b nen. Um dieses Zweckes willen, bedürfen sie einer g Lichtstärke, um schwach leuchtende Gegenstände kenntli machen, und eines groſsen Gesichtsfeldes. Beides erhält

---

1. Die von Huygens berechnete Tafel für Brennweite, A und Vergröſserung s. bei Smith Lehrb. d. Optik. p. 193. und von Tob. Mayer berechnete Tafel in Klügel's Dioptrik. S. 179.

wenn man dem Objective bei mäſsiger Brennweite eine bedeutende Oeffnung giebt; denn selbst ein einfaches Ocular von bestimmtem Durchmesser giebt ja das Gesichtsbild desto gröſser, je kleiner die Brennweite beider Gläser ist. Die Vergröſserung kann dann nicht so erheblich werden, aber dieses ist auch bei den Gegenständen, die der Schiffer auf dem Meere wahrnehmen will, gar nicht nothwendig, und beim Kometensucher kann man eher auf Vergröſserung als auf Lichtstärke Verzicht leisten. In den Formeln (No. 13.) würde z. B. bei 10maliger Vergröſserung, $\frac{f}{f'} = 10$, die Lichtstärke die vierfache seyn, wenn $f = 20 \cdot a$, der Durchmesser des Objectivs 3 Zoll wäre. Die Fraunhofer'schen Kometensucher von 34 Linien Objectiv-Oeffnung haben bei 24 Zoll Brennweite und 10maliger Vergröſserung ein Gesichtsfeld von 6 Graden Durchmesser. Bei so sehr groſsem Gesichtsfelde bemerkt man zwar schon, daſs am Rande die Gegenstände nicht vollkommen deutlich erscheinen; aber da es hier nur darauf ankömmt, die Gegenstände zu bemerken, die man dann, theils indem man sie in die Mitte des Gesichtsfeldes bringt, theils indem man ein anderes Fernrohr zu Hülfe nimmt, genauer beobachten kann, so ist dieses kein wesentlicher Fehler.

Das Erdfernrohr.

17. Da es uns bei Gegenständen auf der Erde unangenehm und störend ist, wenn sie in umgekehrter Stellung erscheinen, so ist der Zweck des Erdfernrohrs, (*telescopium terrestre*) die vergröſsert erscheinenden Gegenstände zugleich in aufrechter Stellung zu zeigen.

Ehe ich die von de Rheita angegebene, zu diesem Zwecke in Gebrauch gekommene, Einrichtung beschreibe[1], will ich die Frage beantworten, warum die einfacher scheinende Einrichtung, wo das Fernrohr nur aus drei Gläsern besteht, nicht so zweckmäſsig ist.

Käme es allein darauf an, die umgekehrte Erscheinung des Bildes in eine aufrechte zu verwandeln, so könnte man dieses durch zwei im Ocular-Einsatze (*tubus ocularis*;

1 Einige andere Vorschläge, die minder brauchbar sind, erwähnt Montucla II. 236.

Digitized by Google

Fig. 3. tuyau oculair; *eye-piece)* befindliche Convexgläser be wirken. Es sey A das Objectiv, B das durch dieses hervorge brachte Bild, C sey ein convexes Glas, in der Entfernung $BC = b$ die größer als die Brennweite ist, von dem Bilde aufgestellt, s bringt dieses in D ein umgekehrtes Bild von B, also ein auf rechtes Bild des beobachteten Gegenstandes hervor und diese kann durch das Augenglas E bequem betrachtet werden, wen DE die Brennweite des letztern ist. Ein Auge vor E stehen sieht also den Gegenstand aufrecht. Ist das Auge kurzsichti so muß es das Bild D dem Augenglase E etwas näher haben, un dies erhält es, wenn es den ganzen Ocular-Einsatz CE ein we nig hineinschiebt, indem dann BC kleiner, also CD etw größer wird. Die ganze Länge des Fernrohrs würde hi $= f + b + \frac{bf'}{b - f'} + f''$ seyn, wenn f des Objectivs und f'' de letzten Oculars Brennweite wäre, f' aber des Glases C Brennweite

Die *Vergrößerung* dieses Fernrohrs läßt sich leicht bestim men. Heißt nämlich der natürliche Sehewinkel $\varphi = BAG$, ist $BG = f . \varphi$; das Bild DH ist $= \frac{\beta}{b} BG = \frac{\beta f \varphi}{b}$, wenn $BC = b$, $CD = \beta = \frac{bf'}{b - f'}$ ist, und dieses erscheint dem durc E sehenden Auge unter dem Sehewinkel $= \frac{DH}{f''} = \frac{\beta}{b} \cdot \frac{f}{f''} \varphi$, so daß die Vergrößerung $= \frac{f'}{b - f'} \cdot \frac{f}{f''}$ ist. Damit das Fernrohr nic allzulang werde, müßte man $b = \beta = 2f'$, annehmen, wo dan wenn man auch $f' = f''$ setzt, die Vergrößerung $= \frac{f}{f'}$ wird.

Die *Größe des Gesichtsfeldes* fände man wieder indem m den unter dem Winkel $= \varphi$ gegen die Axe geneigten, durch d Mitte des Objectivs gehenden und den Rand des Glases C tre fenden Strahl verfolgt. Des Glases C Halbmesser sey $= h'$, ist $\varphi = \frac{h'}{f + b} = \frac{h'}{f + 2f''}$ die Grenze der Strahlen, welche d Glas C treffen. Die durch die Mitte des Objectivs gehend Strahlen treffen alle die Axe wieder in P, wo $CP = \frac{(b + f) f'}{b + f - f'} = \frac{(2f'' + f) f''}{f + f''}$ ist; und da $CE = 3f''$ ist, a

enommen, dafs $EP = 3f'' - \frac{(f+2f'')}{f+f''} f''$ sey, so läfst sich
icht bestimmen, in welcher Entfernung vom Centro des Gla-
es E die äufsersten Strahlen vorbeigehen, indem diese
$= h'' = \frac{h'.EP}{CP}$ wird. Um deutliche Bilder zu geben, darf
ian h'' nicht gröfser als höchstens $\frac{1}{4}$ f'' nehmen, wenn also
.B. $f = 20f''$, die Vergröfserung 20 malig seyn soll, so würde

$$h' = \frac{h''.CP}{EP}$$

$$= \frac{1}{4} f'' \left(\frac{f+2f''}{2f+f''}\right)$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{41} . f'$$

$= \frac{11}{82}$ f'', und des Gesichtsfeldes Halbmesser
$= \frac{11}{82} \cdot \frac{1}{22} = 0{,}006 = 20\frac{1}{2}{}'$, statt dafs ein astronomisches
'ernrohr dessen Ocular den Halbmesser $= \frac{1}{4}$ f'' hätte, bei 20
naliger Vergröfserung der Werth des $\varphi = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{21} = 41'$ gege-
en hätte. Diese Verkleinerung des Gesichtsfeldes ist einer der
Gründe, warum diese Einrichtung nicht brauchbar ist, ein ande-
er liegt in der Farbenzerstreuung der Oculare, die ich in der
'olge erst erwähnen werde.

18. In beiden Hinsichten hat das von de Rheita angege-
ene, und noch immer als bequem anerkannte, Erdfernrohr mit
 Gläsern einen Vorzug. Dieses ist als eine Zusammensetzung
weier astronomischer Fernröhre anzusehen, indem die vom
bjective ED aufgefangenen Strahlen in ab ein Bild hervor- Fig. 34.
ringen, dann in dem Glase GH, welches in a seinen Brenn-
unct hat, so gebrochen werden, dafs die von jedem einzelnen
uncte des Gegenstandes kommenden Strahlen parallel ausfahrend
as Glas IK treffen, in $\alpha\beta$ ein neues, offenbar aufrechtes Bild
es Gegenstendes darstellen und endlich durch LM gebrochen
ls parallele Strahlen zum Auge O gelangen, wenn α beider Glä-
er IK und LM Brennpunct ist. Dafs das Auge in O den Ge-
enstand aufrecht sieht, dafs ein fernsichtiges Auge ihn auch
eutlich sieht, erhellet leicht; die übrigen Umstände will ich
tzt näher betrachten.

Digitized by Google

Aus dem Vorigen ist klar, daſs a C b $= \varphi$ der Sehewink ist, unter welchem der Gegenstand, dessen Bild a b darstell dem bloſsen Auge in C, also auch, da des Gegenstandes Entfer nung so sehr groſs ist, in O erscheint. Es ist aber $a\,b = f.\varphi$ und offenbar $a\,V\,b = \frac{f.\varphi.}{f'} = \alpha\,W\,\beta$, also $\alpha\beta = \frac{f''.f\varphi}{f'}$, u endlich $\alpha\,z\,\beta = \frac{f''}{f'''} \cdot \frac{f}{f'} \cdot \varphi$, wenn f, f', f'', f''' die Brennw der auf einander folgenden Gläser sind. Die *Vergröſserung* also $= \frac{f.f''}{f'.f'''}$ die Länge des Fernrohrs $= f + f' + VW + f'' + f'''$ wo VW willkürlich ist.

19. Um die Gröſse des *Gesichtsfeldes* zu bestimmen, m sen wir wieder die Strahlen verfolgen, welche durch die Mi des Objectivs gehend den Rand des ersten Oculars treffen. Al Beispiel sey, wie Smith es fordert [1], $VW = f' + f''$ und üb das $f' = f''$, so schneiden die sämmtlichen durch den Punct gehenden Strahlen die Axe in P da, wo $VP = \frac{(f+f')f'}{f} = f' + \frac{f'^2}{f}$ ist. War nun $VH = h'$, so muſs des zweiten Oculars Halbm ser $W\,I = h''$ so groſs seyn, daſs der letzte durch H gehe Strahl auch dieses Ocular noch treffe, also $h'' = \frac{h'.WP}{VP}$

$$= \frac{h'(f-f')}{(f+f')}.$$

Die Strahlen, welche von P ausgehend das zweite Ocul treffen, kommen wieder in p' in der Axe zusammen, und es i $W\,p' = \frac{WP.f''}{WP-f''} = f - f'$. Da nun Z nicht so weit hinau liegt, daſs p' diesseits Z fallen könnte, so findet man den Hal messer $ZM = h'''$ des letzten Augenglases, indem man

$$h''' : h'' = Z\,p' : W\,p', \text{ oder}$$

$$h''' = h''.\frac{f - 2f' - f'''}{f - f'} \text{ setzt.}$$

Hat also das letzte Ocular einen angemessenen Halbmesse $= h''' = \mu f'''$, der nämlich so groſs ist, als die Deutlichkeit e verstattet, so wird

---

1 Lehrbegriff. S. 86.

$$h'' = \frac{\mu f'''.(f - f')}{f - 2f' - f'''} \text{ und}$$

$$h' = \frac{h''(f + f')}{f - f'} = \frac{\mu f'''.(f + f')}{f - 2f' - f'''}.$$

So groſs nämlich muſs h′ seyn, um alle die Lichtstrahlen aufzunehmen, die man auf dem letzten Augenglase mit Vortheil gebrauchen kann. Und hier würde h′ den Werth $\mu f'$ nicht übertreffen, wenn f‴ etwas kleiner als f′ wäre; hätte man z. B. $f''' = \frac{f'(f - 2f')}{f + 2f'}$, so hätte auch das erste Objectiv diejenige angemessene Gröſse, wobei noch keine Undeutlichkeit entsteht; aber wenn auch $f''' = f'$ wäre, so würde doch $\frac{\mu(f + f')}{f - 3f'}$ den Werth von μ nicht so sehr bedeutend übertreffen, wenn f, wie allemal der Fall ist, ziemlich groſs gegen f′ ist.

Wenn f‴ kleiner als f′, so ist im Erdfernrohr die Vergröſserung etwas stärker als in demjenigen astronomischen Fernrohre dessen zwei Gläser die Brennweite f und f′ hätten, das Gesichtsfeld wäre aber eben so groſs, indem sein Halbmesser $= \varphi = \frac{h'}{f + f'}$ ist, sobald h″ und h‴ die angegebenen Gröſsen bekommen.

20. Nach L. Euler's und Klügel's Bestimmung ist indeſs diese Einrichtung noch nicht die vollkommenste, sondern, da der Abstand des ersten Oculars vom zweiten ganz willkürlich ist, so kann man diesen $= g$ noch besser zu bestimmen suchen. Der Vereinigungspunct der durch die Mitte des Objectivs einfallenden Strahlen liegt wieder so, daſs

$$VP = \frac{(f + f')f'}{f} \text{ ist, also}$$

$$WP = g - f' - \frac{f'f'}{f};$$

daraus würde $$Wp' = \frac{\left(g - f' - \frac{f'f'}{f}\right)f'}{g - 2f' - \frac{f'f'}{f}},$$

oder $Wp' = \left(\frac{gf - f'f - f'f'}{gf - 2f'f - f'f'}\right)f'$ folgen, wenn des zweiten Oculars Brennweite $= f'$ ist, und da offenbar p′ nicht gut zwi-

Digitized by Google

schen W und Z liegen kann, so ist

$$h'' = \frac{h'''.Wp'}{Zp'} = \frac{h'''(g.ff' - f.f'^2 - f'^3)}{ff'^2 - gff''' + 2ff'f''' - f'^2f'''}.$$

Soll also hier $h''' = \mu f'''$ und $h'' = \mu f'$ seyn, so würde g aus der Gleichung $f'(f.f'^2 - gff''' + 2ff'f''' - f'^2f''') = f'''(gff' - f.f'^2 - f'^3)$ bestimmt, also $g = \frac{f'^2}{2f'''} + \frac{3}{2}f'$;

daraus aber folgt $WP = \frac{1}{2}f' - \frac{f'^2}{f} + \frac{f'^2}{2f'''}$, und

$$h' = \frac{h''.VP}{WP} = \frac{\mu f'.f'f'''(f+f')}{\frac{1}{2}ff'f''' - f'^2f''' + \frac{1}{2}f'^2f}.$$

Es läfst sich leicht übersehen, dafs hier h' leicht kleiner als $\mu f'$ zu erhalten ist, wenn man $f''' < f'$ nimmt. Es sey z. B. wie Klügel aus andern Gründen annimmt[1],

$$f''' = \frac{2}{5}f',$$

$$\text{also } g = \frac{11}{4}f'$$

$$WP = \frac{7}{4}f' - \frac{f'^2}{f};$$

$h' = \mu.f'.\frac{2}{5}\frac{(f+f')}{\frac{7}{10}f - f'}$, welches z. B. für $f = 20f'$

$h' = \mu.f'.\frac{2}{5}.\frac{21}{13} = \frac{42}{65}\mu f'$ giebt.

Hier würde $\varphi = \frac{42.\mu}{65.21}$, den Halbmesser des Gesichtsfeldes angeben, weil $f + f' = 21f'$ ist, und eben dieser Halbmesser des Gesichtsfeldes wäre $= \frac{\mu f'''}{f+f'''} = \mu\frac{2}{102} = \frac{1}{51}\mu$ geworden, wenn man aus den beiden Gläsern, deren Brennweite $= 20f'$ und $= \frac{2}{5}f'$ sind, ein astronomisches Fernrohr zusammengesetzt hätte. Ein Vortheil, der in Hinsicht auf den farbigen Rand erreicht wird, soll in der Folge erwähnt werden.

21. Man kann auch dem Erdfernrohre vier Oculare geben, und da dieses eine sehr gewöhnliche Einrichtung ist, so will ich wenigstens Einiges von den Anordnungen der Oculare, die hier möglich sind, angeben. Das erste Ocular steht

---

1 Dioptrik §. 470. 471. wo er Euler's Regeln folgt.

zwischen dem Objective und dem vom Objective hervorgebrachten Bilde[1], dann bringen die beiden ersten Oculare zusammen eben die Wirkung, wie in dem astronomischen Fernrohre mit zwei Ocularen, hervor, und wenn das durch das erste Ocular dargestellte wirkliche Bild genau in den Brennpunct des zweiten Oculars fällt, so gehen dann die Lichtstrahlen parallel vom zweiten zum dritten Oculare über, vereinigen sich im Brennpuncte des dritten Oculars, der mit dem des vierten zusammenfällt, und kommen durch das vierte parallel in das Auge. Aber nicht immer ist die Anordnung so, daſs die Strahlen aus dem zweiten Oculare parallel hervorgehen, sondern sie könnten auch nach einem ziemlich entfernten Puncte convergirend seyn; dann würde diese Convergenz durch das dritte Glas stark vermehrt und ein Bild dargestellt, welches sich allemal im Brennpuncte des vierten Glases befinden muſs. Ob das eine oder das andere in einem gegebenen Fernrohre statt findet, kann man leicht so untersuchen. Man nehme den Ocular-Einsatz heraus, und lasse darin nur das dritte und vierte Ocular an ihren richtigen Stellen; durch diese sehe man nach einem entfernten Gegenstande und gebe Achtung, ob man ihn deutlich (wenn auch nicht vergröſsert) erkennt; ist das der Fall, so stehen diese beiden Oculare so, wie es parallelen auf das dritte Ocular fallenden Strahlen angemessen ist. Sieht man aber die Gegenstände nicht deutlich, sondern muſs man das eine Ocular herausnehmen und entfernter von dem andern halten, so waren die auf das dritte Ocular auffallenden Strahlen im Fernrohr convergirend. Wäre z. B. des Objectivs Brennweite 19 Zoll und befände sich das erste Ocular von $1\frac{3}{8}$ Zoll Brennweite nur 18 Zoll von jenem entfernt, so läge das erste wirklich entstehende Bild um den Abstand $= \dfrac{1\frac{3}{8} \cdot 1}{1\frac{3}{8} + 1} = \frac{11}{19}$ Zolle hinter dem ersten Oculare, dafür will ich 7 Linien setzen. Das zweite Ocular stehe um 21 Linien von dem ersten ab, und seine Brennweite sey $= 18$ Linien, so würde dieses zweite Ocular ein neues Bild

1. Dieselbe Anordnung findet sich in Fig. 31. dargestellt.

in der Entfernung $= \frac{14 \,.\, 18}{18 - 14} = 63$ Linien bilden, wenn nic
35 Linien hinter dem zweiten Ocular sich das dritte befänd
Des eben bestimmten Bildes Abstand vom dritten würde al
28 Linien betragen, und wenn dieses 23 Linien Brennwei
hat, so kommt das Bild auf $\frac{28 \,.\, 23}{28 + 23} = 12\frac{3}{5}$ Linien zurück, u
wenn das letzte Ocular die Brennweite $= 12$ hätte, so wür
die Vergröſserung 21fach seyn.

Das achromatische Fernrohr.

22. Obgleich die vollständige Beantwortung der Frage, w
ein Linsenglas zusammengesetzt seyn muſs, um ganz farben
zu seyn, in dem Artikel: *Linsenglas*, abgehandelt werd
wird: so muſs ich doch hier die Hauptbetrachtungen, wor
jene Untersuchung ankommt, erwähnen.

Fig. 35. Wenn auf ein convexes Glas C parallele Strahlen fallen,
würden diese in A ein völlig bestimmtes, in einen einzig
Punct vereinigtes Bild eines vor dem Glase liegenden leuchte
den Punctes darstellen, wenn alle Farbenstrahlen einerlei Br
chung erlitten. Durch das hinter jenem angebrachte hohle G
D, das hier von anderer Glasart ist, wird der Vereinigungspu
weiter entfernt und B würde der Ort des Bildes seyn. Da w
aber hier auf die verschiedene Brechbarkeit der Lichtstrahlen
sehen haben: so werden wir sagen müssen, in A würde d
violette, in a das rothe Bild durch das Convexglas hervo
bracht, und beide werden nach B, b, durch das zwischengeste
Concavglas hinausgerückt. Hier entsteht nun die Frage,
nicht die ungleiche Farbenzerstreuung der Gläser so seyn könn
daſs B und b in einen Punct zusammen fielen. Da B bei gl
cher Gestalt des Concavglases desto weiter von A entfernt liegt,
stärker die violetten Strahlen im zweiten Glase gebrochen we
den, und da b desto näher an a rückt, je weniger in demselb
die rothen Strahlen gebrochen werden: so muſs das zwe
hohle Glas die stärkere Farbenzerstreuung haben. Es sey μ
die rothen, ν für die violetten Strahlen im ersten Glase, und
für die rothen, ν' für die violetten Strahlen im zweiten Glase
Brechungsverhältniſs: so würden

$$f = \frac{r \,.\, \varrho}{(\mu - 1)\,(r +} \quad \text{und} \quad F = \frac{r \,.\, \varrho}{(\nu - 1)\,(r + \varrho)}$$

Brennweiten des convexen Glases für die rothen und violet- Strahlen seyn. Jene fallen, wie wir beide Gläser als um Entfernung $= g$ von einander entfernt annehmen, so auf das avglas, dafs ihr Sammelpunct um $f - g$ hinter dem Glase , also in No. 5. $b = -(f - g)$ ist; setze ich zugleich r' und Radien der Kugelflächen negativ bei dem Concavglase, so die Vereinigungsweite

$$\frac{-(f-g)\, r'\, \varrho'}{(\mu'-1)(f-g)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'}$$ für die rothen Strahlen, und

ie violetten Strahlen

$$\frac{-(F-g)\, r' . \varrho'}{(\nu'-1)(F-g)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'}.$$ Diese Entfernungen müs- leich seyn. Da aber μ und ν wenig verschieden sind, so ich $\nu = \mu + d\mu$; $F = f + df$ setzen und erhalte demnach

$$df = \frac{r . \varrho}{r+\varrho}\left(\frac{1}{\mu-1} - \frac{d\mu}{(\mu-1)^2}\right),$$ und wenn ich statt

$$\frac{-(F-g)\, r'\, \varrho'}{(\nu'-1)(F-g)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'}$$ setze

$$\frac{-(f-g+df)\,(r'\,\varrho')}{(\mu'-1+d\mu')(f-g+df)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'},$$ so wird dieses

$$r = \frac{-(f-g)\, r'\, \varrho'}{(\mu'-1)(f-g)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'} + \frac{df . r'^2 \varrho'^2 + d\mu'(f-g)^2\, r'\,\varrho'\,(r'+\varrho')}{\left\{(\mu'-1)(f-g)(r'+\varrho')-r'\,\varrho'\right\}^2}.$$

nufs das letzte Glied verschwinden, also vermöge des es von df,

$$\frac{d\mu . r r'^2 . \varrho \varrho'^2}{(r+\varrho)(\mu-1)^2} = d\mu'\,(f-g)^2\, r'\,\varrho'\,(r'+\varrho')$$

Wäre g gegen f so klein, dafs man es weglassen könnte, de vermöge des Werthes von f

$$\frac{d\mu\,(r+\varrho)}{r\varrho} = \frac{d\mu'\,(r'+\varrho')}{r'\,\varrho'}$$

oder $$\frac{d\mu}{(\mu-1)\, f} = \frac{d\mu'}{(\mu'-1)\, f'},$$

f' die Entfernung des imaginären Brennpuncts für das las ist.

raus könnte also, bei gegebenem Brechungsverhältnisse rothen und violetten Strahlen, die Brennweite f' des ei- es so bestimmt werden, dafs zwei verschiedenfarbige sich genau in einem Puncte vereinigten. Es sey z. B.

für Kronglas $\mu = 1{,}527$, $d\mu = 0{,}0105$; für Flinte
$\mu' = 1{,}631$, $d\mu' = 0{,}0213$, so würde für f=60 Zoll, f'=1
Die Brennweite der aus beiden Gläsern zusammengesetzten
würde $= \frac{+60 \,.\, 101}{51} = 119$ Zoll. Man müfste also dem
vexglase eine nur etwa halb so grofse Brennweite geben, al
zusammengesetzte Glas haben soll.

Diese Bestimmung wird nun zwar wesentlich anders,
man auf den Abstand der beiden Gläser von einander Rück
nimmt; aber auch dann, vorzüglich wenn man die Abweic
wegen der Gestalt gröfstentheils zu heben sucht, tritt die U
nehmlichkeit ein, dafs man den sphärischen Oberflächen
nere Halbmesser geben mufs, als es in Beziehung auf eine
lichst grofs zu erhaltende Oeffnung wünschenswerth wäre.
dies zu vermeiden, hat man es als vortheilhafter angese
das Objectiv aus drei Linsen zusammen zu setzen, nämlich
convexen und einer concaven, wo dann die beiden Con
gläser eine gröfsere Brennweite erhalten, als die Entfernung
Zerstreuungspunctes der Concavlinse ist.

Indefs sind auch die Rücksichten, die man auf die Ver
gung der ungleich farbigen Strahlen zu nehmen hat, scho
sich nicht so einfach, als ich sie hier dargestellt habe. W
man die äufsersten Farbenstrahlen, die rothen und violetten,
aufs beste vereinigt, so sind dadurch nicht auch die mi
Strahlen genau in demselben Puncte vereinigt. Hätte ma
vorigen Beispiele die rothen Strahlen mit den grünen, fü
che $d\mu = 0{,}0065$, $d\mu' = 0{,}0128$ ist, genau vereinigen w
so würde zu f=60, f'=99 gehören, und ein Concavg
101 Zoll Zerstreuungsweite würde die mittlern Strahlen k
wegs genau mit den rothen und violetten vereinigen.

23. Da ich die weitere Ausführung dieses Gegens
dem Artikel *Linsengläser, achromatische*, vorbehalte,
ich hier nur noch kurz einige Hauptrücksichten, die m
der Brechung genommen hat, und einige Vorschläge üb
anzuwendenden Körper anführen. Ein gutes zusammen
tes Objectiv soll so beschaffen seyn, dafs zugleich die *Abwe*
wegen der Kugelgestalt und wegen der *Farbenzerst*
möglichst gehoben werde. Dieses zu erreichen, hat ma
schiedene Anordnungen vorgeschlagen, unter denen d
Klügel: dafs man die Krümmungen der Gläser möglich

ehmen solle, lange Zeit vorzüglich beachtet worden ist. .ber Klügel selbst fand später, daſs das von ihm vorgeschla-ene Objectiv noch sehr erhebliche Abweichungen für die Strah-en gebe, die nicht nahe bei der Axe einfallen. Er änderte daher seine Vorschläge dahin ab, daſs man die Halbmesser der beiden Oberflächen der vorderen, convexen Linse so wählen olle, daſs die Brechung an beiden ziemlich gleich sey, indem adurch die Winkelabweichungen der Randstrahlen auf beiden eiten zusammen genommen, ein Kleinstes werden. Die Ab-veichung der Randstrahlen bei der ersten Linse müsse dann bei er dritten Brechung völlig gehoben werden, und die vierte läche müsse so gewählt werden, daſs sie die Zerstreuung er ungleich farbigen Strahlen aufhebe, und man erhalte so Be-immungen für alle vier Radien[1].

Zu diesen Vorschlägen haben Bohnenberger und Gauss inige wichtige Bemerkungen hinzugefügt. Gauss bemerkt ämlich, daſs Klügel's Gründe für die Wahl der beiden ersten Ialbmesser vorzüglich auf den Zweck, die Abweichung wegen er Gestalt zu heben, hinausgehen; aber es erhelle nicht ganz, aſs dieses auf die angegebene Weise am besten geschehe, und s scheine auch ungewiſs, ob nicht die übrigen Unvollkommen-eiten noch wichtiger wären. Er billigt daher Bohnenberger's 'orschlag, die uns frei gelassene Wahl der beiden Halbmesser es ersten Glases zur Wegschaffung der Farbenzerstreuung bei en Randstrahlen zu benutzen, und empfiehlt dieses um so mehr, a Bohnenberger's Rechnung zeige, daſs die Abweichung we-en der Gestalt darum doch nicht erheblich zunehme. Aber Gauss bemerkt, daſs sich noch mehr erhalten lasse, es sey näm-ch möglich, alle Strahlen von zwei bestimmten Farben, sowohl e nahe bei der Axe, als die in einer bestimmten Entfernung on der Axe auffallenden mit ihr parallelen Strahlen in einen nzigen Punct zu vereinigen; dann aber müssen beide Linsen nvex-concav werden und die convexe Seite dem Gegenstande ikehren; dabei kommen zwar gröſsere Brechungen vor, aber e Vereinigung aller mit der Axe parallel einfallenden Strahlen ird vollkommener, als bei irgend einer andern Einrichtung[2].

1 Gilb. XXXIV. 265.

2 Astron. Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bohnenberger. 385. IV. 345. Gilb. LIX. 188.

Digitized by Google

grösserung könnte für Taschenfernröhre und Nachtfernröhre a
reichen, indess wäre noch zu untersuchen, ob die so zus
mengesetzte Ocularlinse nicht einen grossen Lichtverlust g
wie es freilich die aus zweierlei Glasarten zusammengese
Objectivlinse auch thut[1].

26. Eine andere wichtige Frage, deren Beantwortung n
wendig hierher gehört, ist die, ob man mit Hülfe mehr
Oculare etwas thun könne, um die Farbenränder aufzuhel
die durch die Oculare selbst hervorgebracht werden.

Wenn gleich das Objectiv achromatisch ist und also
einem Puncte ausgehende Lichtstrahlen, auch ganz genau
einem Puncte des Bildes vereinigt werden, so kann doch di
Bild in Beziehung auf ein einfaches Ocular nicht zugleicl
dem den rothen und in dem den violetten Strahlen entsprecl
den Brennpuncte des Oculars liegen, und wenn es da liegt,
der Brennpunct der mittlern Strahlen sich befindet, so geben
äussersten ein gefärbtes Nebenbild. Sehen wir hier zuerst
einen Punct in der Axe, so kann bei diesem wohl einige l
deutlichkeit, aber keine Färbung statt finden; denn indem
gelben und grünen Strahlen das Auge parallel treffen,
rothen ein wenig divergirend, die violetten ein wenig conv
girend auf das Auge fallen, so bringen diese letzteren zwar e
Undeutlichkeit hervor, indem sie, ziemlich so wie oben du
Figur 32. erläutert ist, einen Kreis auf der Retina darstell
aber da dieser Kreis von zerstreuten rothen Strahlen eben
gut, als von zerstreuten violetten Strahlen getroffen wird,
giebt er uns keine vorherschende Empfindung einer Farbe. A
ders verhält es sich mit den Strahlen, welche von Puncten au
der Axe zum Auge gelangen.

Fig. 36. Wir betrachten auch hier nur die durch die Mitte des O
jectivs gehenden Hauptstrahlen, unter denen pC von einem
gen die Grenze des Gesichtsfeldes liegenden Puncte herkomm
mag. Das Bild dieses Punctes liegt in f, aber unter den
ihm auf das Ocular gelangenden Strahlen wird nur EO,
Strahl, dessen Brechung die mittlere ist, das Auge O erreich
die blauen und violetten Strahlen gehen nach Eo fort, und
Auge sieht etwas weiter von der Axe entfernt in der Richtu
Oe parallel mit oE ein blaues Nebenbild. Hier ist often

1 Brewster on new philos. Instruments p. 420. Gilb. L. 301

ROe als Differential des Winkels ROE anzusehen, und da $RO = \frac{g f'}{g - f'}$ war, wenn $CR = g$ den Abstand beider Gläser on einander bezeichnet, und f' des Oculars Brennweite, so ist $ROE = \varphi\left(\frac{g}{f'} - 1\right)$, wenn φ den Winkel $SCp = FCf$ bedeutet. Hier ist φ unveränderlich und auch g ist es, wenn man e Stellung der Gläser nicht als abhängig von der Brennweite es Oculars ansieht; also $EOe = \frac{-g\varphi\, df'}{f'^2}$. und da $g\varphi$ gleich em Halbmesser $= h'$ des Oculars für die am Rande des Ocuurs durchgehenden Strahlen ist, so kann man auch

$$ROE = \frac{h'}{f'} - \varphi \text{ und } EOe = d.\frac{h'}{f'} \text{ setzen.}$$

Beim astronomischen Fernrohre mit *einem* Oculare ist $= f + f'$, der Summe der Brennweiten beider Gläser gleich, ler $ROE = \frac{f\varphi}{f'}$ und $EOe = -\frac{f\varphi\, df'}{f'^2} = \frac{f\varphi}{f'} \cdot \frac{d\mu'}{(\mu' - 1)}$, d $f' = \frac{r'\varrho'}{r' + \varrho'}\left(\frac{1}{\mu' - 1}\right)$ ist, die Abweichung ist also r Abstande des gesehenen Punctes vom Mittelpuncte des Felproportional, und man kann deshalb es nöthig finden, das ichtsfeld zu beschränken, damit jene Abweichung nicht für die Rande liegenden Gegenstände zu erheblich werde.

Um zu übersehen, woher der Lichtstrahl eO zum Auge mmt, muſs man überlegen, daſs nur die mittleren Strahlen parallel unter sich zum Auge gelangen, daſs dagegen die letten, weil F weiter als der Brennpunct der violetten Strahvon R entfernt liegt, ein Bild Hh darstellen würden; gegen Punct h also convergiren diese Strahlen und p' cfe ist der desjenigen Lichtstrahls, der in eO zum Auge kommt. Der ttende Punct, dessen Bild f ist, erscheint also vermöge seimittlern Strahlen dem Auge nach OE, vermöge seiner n Strahlen nach Oe, und zeigt sich also mit blauem Rande der äuſsern Seite des Gesichtsfeldes verlängert. Wäre es inzelner leuchtender Punct, so würde er auch nach der in-Seite des Gesichtsfeldes ein rothes Nebenbild zeigen; t aber der helle Gegenstand, etwa wie der Mond, den n mittlern Theil des Feldes ein, so hat er rund um sich blauen Rand, der desto merklicher ist, je näher die

Grenze des leuchtenden Gegenstandes der Grenze des Gesic[h]feldes liegt.

27. Dieser blaue Rand kann durch ein zweites Ocular z[u] verschliminert, aber bei richtiger Stellung desselben auch [ver]bessert werden. Es ist nämlich einleuchtend, daſs wenn [ein] zweites Augenglas die Vergröſserung vermehrt, es auch di[e] Winkel EOe in eben dem Verhältnisse vergröſsern würde, w[enn] EO, eO gleichartige Strahlen wären, daſs aber nun entw[eder] noch eine Vermehrung hinzukommen oder eine Verminde[rung] statt finden kann, wegen der ungleichen Brechung, welch[e die] verschiedenartigen Strahlen im zweiten Oculare leiden. [Um] diese Abweichung richtig zu beurtheilen, dient folgende [Be]trachtung. Der Lichtstrahl EO falle auf das zweite Ocula[r] und schneide wieder die Axe in O', wo also nun das Auge [sei]nen Platz einnehmen müſste, um alle durch die Mitte des [Ob]jectivs gehenden Strahlen zu erhalten. War hier $RCE =$ [...]

$CR = g$, $RE = h' = g \cdot \varphi$, so ist $ROE = \frac{g\varphi}{OR}$, ode[r]

$ROE = \frac{\varphi\,(g - f')}{f'}$, und wenn $RG = K$ ist, $Gg = h'' = OG$ [...]

oder $h'' = \left(K - \frac{g f'}{g - f'}\right); \frac{\varphi}{f'}(g - f') = \frac{K\varphi\,(g - f')}{f'} -$ [...]

und $gO'G = \frac{\varphi\,(g - f')}{f'\,f''}\left(K - f'' - \frac{g f'}{g - f}\right)$,

welches $= \frac{h''}{f''} - \frac{h'}{f'} + \varphi$ ist.

Offenbar wird hier die Abweichung für einen gege[benen] Werth von φ durch $d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'}$ bestimmt, aber h'' [muſs] dann so genommen werden, wie es der am Rande des [zweiten] Oculars durchgehende Strahl fordert, und es ist nun off[enbar,] daſs da wo $d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'} = 0$ wäre, sich die hier b[etrach]tete farbige Erscheinung ganz aufheben würde.

Um diese Formel zu entwickeln, müssen wir sie [mit den] Hauptgröſsen, die bei den Gläsern vorkommen, in Ver[bindung] zu setzen suchen; ich nenne also $g = f + l$, wo dann f [des Ob]jectivs Brennweite, l der Abstand des Bildes vor dem [ersten] Glase ist, k dagegen wird $l' + f''$, wenn l' des nächsten

Abstand hinter dem zweiten Glase bezeichnet; denn dieses Bildes Abstand vom dritten Glase muſs der Brennweite des letztern gleich seyn. Dann ist $h' = \varphi\,(f+l)$, und h'' wird daraus gefunden, daſs der Vereinigungspunct der durch die Mitte des Objectivs gehenden Strahlen, und die Entfernung $= \frac{(f+l)\,f'}{f+l-f'}$, hinter dem zweiten und um $f'' + l' - \frac{(f+l)\,f'}{f+l-f'}$ vor dem dritten Glase liegt, die letztere aber ist wegen $l' = \frac{l\,f'}{l-f'}$, gleich $= f'' + \frac{f\,f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}$. Da nämlich h' und h'' als rechtwinkliche Katheten zweien gleichen Winkeln gegenüberstehen, in Triangeln, deren andere Katheten die eben erwähnte Gröſse haben, so ist $\frac{h'\,(f+l-f')}{f'\,(f+l)} = \frac{h''}{f'' + \frac{f.f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}}$,

oder $h'' = \left(\frac{h'}{f'} - \frac{h'}{f+l}\right)\left(f'' + \frac{f.f'^2}{(l-f')\,(f+l-f')}\right)$

oder $h'' = \frac{h'\,f''}{f'} - \varphi\,.\,f'' + \frac{\varphi\,.\,f\,f'}{l-f'}$, welches auch durch $= \frac{h'f''}{f'} - \varphi\,f'' + \frac{\varphi\,f\,l'}{l}$, ausgedrückt werden kann. Nach dem Vorigen soll nun, damit der farbige Rand verschwinde,

$$d.\frac{h''}{f''} = d.\frac{h'}{f'} \text{ seyn,}$$

und es ist $d.\frac{h''}{f''} = d.\left\{\frac{h'}{f'} - \varphi + \frac{\varphi\,f\,l'}{l\,f''}\right\}$.

Hier ist nun zwar bisher immer angenommen, daſs das letzte Bild in dem Brennpuncte des dritten Glases liege, aber da l' einen andern Werth hat für die violetten als für die mittlern Strahlen, so kann jene Voraussetzung nicht für alle Strahlen zugleich statt finden, und ich werde daher l'' statt f'' schreiben.

Die weitere Rechnung führe ich nach Klügel's Anleitung[1], obgleich das einfache Resultat billig auf einem einfachern Wege, den ich jedoch nicht auffinden kann, sollte gefunden werden. Um den Werth $d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'}$ = der Abweichung,

1 Dioptrik §. 166.

richtig zu entwickeln, muſs man sich zuerst erinnern, d $h' = \varphi(f + l)$ ist, wo l negativ würde, wenn das zweite G schon vor dem Bilde stände; den Werth von h'' habe ich eb angegeben. Wenn man in dieser Formel auch f als veränd lich ansieht und bedenkt, daſs l sich um eben so viel vermi dert, als f sich vergröſsert, oder $df = -dl$, und eben $dl'' = -dl'$ ist, so erhält man

$$dh'' = l''.d.\frac{h'}{f'} + dl'\left\{\varphi - \frac{h'}{f'} + \frac{\varphi f}{l}\right\} + df\left\{\frac{f+l}{l^2}\right\}\varphi l';$$

Hier ist das Glied, welches df enthält,

$$= \frac{h'.l'}{l^2}\,df = -\frac{h'l'.dl}{l^2} \text{ oder}$$

$$= -h'l'\left\{\frac{df'}{f'^2} - \frac{dl'}{l'^2}\right\},$$

weil $\frac{1}{l} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{l'}$ ist. Eben so ist der in dl' multiplici Theil $= \varphi\left(\frac{f+l}{l}\right) - \frac{h'}{f'} = h''\left(\frac{1}{l} - \frac{1}{f'}\right)$, also endlich

$$dh'' = l''.d.\frac{h'}{f'} - \frac{h'}{f'}.\frac{l'df'}{f'} + \frac{h'dl'}{l'} + \frac{h'dl'}{l} - \frac{h}{f'}dl';$$

hier ist aber das in dl' Multiplicirte selbst $= 0$ und

$$dh'' = l''.d.\frac{h'}{f'} - \frac{h'l'df'}{f'^2}.$$

Die gesammte Abweichung $= d.\frac{h''}{f''} - d.\frac{h'}{f'}$, läſst si nun ausdrücken, und das um so leichter, da für die mittl Strahlen, also nach vollendeter Differentiirung überall, $l'' =$ gesetzt werden darf, wonach $\frac{f''dh'' - h''df''}{f''^2} - d.\frac{h'}{f'}$ übe geht in $d.\frac{h'}{f'} - d.\frac{h'}{f'} - \frac{h''}{f''}.\frac{df''}{f''} - \frac{h'}{f'}.\frac{l'}{f''}.\frac{df'}{f'}$, oder na No. 25. in $\frac{h''}{f''}\left(\frac{d\mu''}{\mu''-1}\right) + \frac{h'}{f'}.\frac{l'}{f''}.\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right)$.

Dieses einfache Resultat ist nun genau das schon aus b ſser Ueberlegung hergeleitete. Die Abweichung der brechb sten Strahlen betrug im ersten Ocular $\frac{h'}{f'}\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right)$ und di kommt hier in dem Verhältniſs $\frac{l'}{f''}$ vergröſsert vor, weil je

il des Bildes, der durch das erste Glas unter einem gewis- Sehewinkel erschien, durch das zweite in eben dem Ver- nifs vergröfsert erscheint; aber nun kommt noch, additiv r subtractiv, die Abweichung im zweiten Ocular hinzu, und das eine oder andere der Fall sey, richtet sich darnach, ob Punct, wo die Hauptstrahlen sich durchkreuzen, zwischen len Ocularen oder jenseits liegt.

Ein Beispiel zu diesen Untersuchungen giebt das in No. 12. achtete astronomische Fernrohr mit zwei Ocularen. Dort $l' = f''$, und da wir beide Oculare als aus einerlei Glasart acht, annehmen können, so ist $\frac{d\mu''}{\mu''-1} = \frac{d\mu'}{\mu'-1}$. Da ZO negativ war, so liegt O nicht zwischen beiden Ocularen, lern jenseits und $\frac{h''}{f''} - \frac{h'}{f'} \cdot \frac{l'}{f''}$ könnte freilich für $l' = f''$ it ganz $= 0$ werden, aber in den dort berechneten Angaben $\frac{h''}{f''} = \frac{h'}{f'}\left(\frac{2f + 3f'}{2f - f'}\right)$ so wenig von $\frac{h'}{f'}$ verschieden, dafs blaue Rand fast völlig aufgeboben wird. Hier erhellet nun 1, warum bei dem in No. 17. beschriebenen Fernrohre mit i wirklichen Bildern das Aufheben des blauen Randes nicht findet.

28. Wie die Abweichung bei drei Ocularen bestimmt wird, ich nicht mit gleicher Umständlichkeit aufsuchen. Es er- et, dafs die für zwei Gläser gefundene, in Verhältnifs der 1 dritten Glase zugehörenden Vergröfserung vermehrt wird, l dann die Abweichung, welche dem dritten Glase allein an- ört, hinzukommt. Die gesammte Abweichung bei drei Glä- ist demnach, wenn l''' der Abstand des vom zweiten Ocu- hervorgebrachten Bildes von diesem Glase und f''' eben des es Abstand vom dritten Oculare bezeichnet,

$$\frac{h'}{f'} \cdot \frac{l'}{f''} \cdot \frac{l'''}{f'''}\left(\frac{d\mu'}{\mu'-1}\right) + \frac{h''}{f''} \cdot \frac{l'''}{f'''}\left(\frac{d\mu''}{\mu''-1}\right) + \frac{h'''}{f'''}\left(\frac{d\mu'''}{\mu'''-1}\right),$$

die Brüche $\frac{d\mu}{\mu-1}$ können für gleich angesehen werden, n man sich zu allen Ocularen derselben Glasart bedient.

Um zu prüfen, wiefern die Aufhebung der blauen Rän- bei denjenigen Abmessungen des gewöhnlichen Erdfernrohrs findet, die ich in No. 19. angegeben habe, müfste man,

Digitized by Google

wenn alle Oculare aus einerlei Glasart sind, die Abweich[ung] für ein astronomisches Fernrohr, dessen Ocular aus eben[...] Glasart ist, berechnen, und diese Abweichung $= \frac{f\varphi}{f'} \left(\frac{d\mu}{\mu - 1} \right.$ als Vergleichungsmaſs für die übrigen Anordnungen der Gl[...] gebrauchen. Bei dem in No. 19. betrachteten Erdfern[rohr] fällt das Bild, das hinter dem ersten Ocular entstehen sollte, [ins] Unendliche hinaus, und l' ist daher, so wie l''$=\infty$ aber [der] Quotient $\frac{l'}{l''}$ ist $= -1$, weil l'' an die Seite fällt, wo e[s in] dem von uns angenommenen Normalfalle nicht lag; aber [auch] h''' erhält das entgegengesetzte Zeichen, daher wird der B[...]

$\frac{d\mu}{\mu - 1}$ mit $\frac{h'}{f'}\frac{f''}{f'''} - \frac{h''}{f'''} + \frac{h'''}{f'''}$ multiplicirt,

und da $h' = h''\left(\frac{f+f'}{f-f'}\right)$ und $h''' = h''\left(\frac{f-2f'-2f''}{f-f'}\right)$ [...] auch noch $f''' = f'$ ist, so wird jener Multiplicator $=$

$$h''\left\{\frac{f+f'}{f'(f-f')} - \frac{1}{f'} + \frac{f-4f'}{f'(f-f')}\right\},$$

$$= \frac{h''}{f'}\left\{\frac{f-2f'}{f-f'}\right\}$$

$$\text{oder} = \frac{h'}{f'}\left\{\frac{f-2f'}{f+f'}\right\}$$

$$= \frac{\varphi(f-2f')}{f'},$$

also nicht so sehr vermindert, als man wünschen möchte. A[uch] bei dem in No. 20. betrachteten Fernrohre ist die Farbenz[er]streuung nicht ganz aufgehoben, und daher das Erdfernroh[r mit] 4 Ocularen vorzuziehen, wofür ich hier jedoch die Rech[nung] nicht durchführen will, da dieses ohne erhebliche Weitläufig[keit] nicht geschehen könnte.

Einige Bemerkungen über die Einricht[ung] und Aufstellung der Fernröhre.

29. Mit der Kunst, Fernröhre zu verfertigen, bin ich [zu] wenig vertraut, um darüber hier etwas zu sagen: ich beg[nüge] mich daher mit einzelnen Bemerkungen, die auch für denje[ni]gen wichtig sind, welcher bloſs die Anordnung des Fernro[hrs] verstehen lernen will.

Digitized by Google

Ich habe schon früher erwähnt, wie nöthig es sey, dafs die telpuncte aller der Kugelflächen, welchen die einzelnen erflächen der Linsengläser angehören, genau in gerader Linie en. Wenn dieses nicht der Fall ist, so fällt des Glases A nnpunct in b, und darauf gründet sich ein Mittel, dieses triren genau zu bewirken, dessen sich die Künstler jetzt nach AUNHOFER's Anleitung gern bedienen. Man bringt nämlich Fernrohr so auf die Drehbank, dafs des Fernrohrs Axe mit Drehungsaxe genau zusammen fällt, und sieht nun durch die ser auf einen entfernten Gegenstand; liegt der Brennpunct Objectivs so wie b, so wird bei der Drehung der Brennpunct den ganzen Sehewinkel b D β seine Lage ändern und der genstand scheint sich in starkem Mafse zu erhöhen und zu ken. So lange dieses der Fall ist, mufs die Lage des Glases, ssen Stellung Schuld hieran ist, berichtigt, und dieses erst nn fest gestellt werden, wenn das Tanzen des Gegenstandes llig aufhört. Wie man die Centrirung eines zusammengesetz- Objectivs dadurch bewirken kann, dafs man die von den zelnen Flächen dargestellten Spiegelbilder genau in eine ge- le Linie bringt, hat WOLLASTON gezeigt[1]. Man bringt ein cht hinter das Objectiv und besieht dieses durch das Rohr mit eglassung aller Augengläser; dann zeigen sich aufser dem lde, welches vom convexen Linsenglase hervorgebracht wird, ne durch Spiegelung an den Oberflächen entstehenden Bilder, ren mehrere man leicht gewahr wird. WOLLASTON hat die i einem dreifachen Objective entstehenden 15 Bilder alle ge- hen. Da man aus theoretischen Gründen den Ursprung jedes nzelnen Bildes kennt, so kann man, wenn bestimmte Bilder ch von der geraden Linie entfernen, schon beurtheilen, wie sjenige Glas, dem sie ihren Ursprung verdanken, durch Stell- hrauben anders gestellt werden mufs, um berichtigt zu wer- n. Wenn man bei einem guten Objective sich genöthigt eht, die Gläser, aus denen es zusammengesetzt ist, aus einan- r zu nehmen, so thut man wohl, durch ein Zeichen am Rande e Stellung, die sie hatten, kenntlich zu machen, um sie nach- er so wieder zu vereinigen, wie sie vereinigt gewesen waren. Fig. 37.

30. Ich mufs noch etwas über die *Blendungen*, die man itten im Fernrohr findet, und über das *Fadenkreuz* sagen.

1 Gilb. LXXIII. 264.

Digitized by Google

Die Blendungen haben da ihren Platz, wo die durch die Mit des Objectivs gehenden Hauptstrahlen die Axe des Fernroh schneiden. Die durch den wahren Mittelpunct des Objecti gehenden Strahlen kommen dort in einen einzigen Punct zusar men, aber die Oeffnung der Blendung muſs dennoch kein bloſs Punct, sondern hinreichend seyn, um so viel Strahlen als n thig sind, um hinreichendes Licht zu geben, durchzulassen.

Das *Fadenkreuz* dient, um den genauen Mittelpunct d Fernrohrs und zwei auf einander senkrechte Durchmesser d Gesichtsfeldes zu bezeichnen. Es ist *im Brennpuncte des letzt Oculars* angebracht, weil da dieser wirkliche Gegenstand unm telbar neben dem letzten Bilde liegend, deutlich gesehen wi Die Fäden werden zugleich erheblich vergröſsert gesehen, w die Brennweite des letzten Oculars, (welches zu diesem Zwec freilich ein convexes seyn muſs) allemal klein in Vergleichu gegen die Weite des gewöhnlichen Sehens ist. Man bedi sich der *Spinnewebefäden* oder sehr feiner *Metallfäden*. Hinsicht auf die erstern sezte ich hierher eine, mir schon geraumer Zeit von dem berühmten Astronomen Bessel ha
Fig. 88. schriftlich mitgetheilte Anleitung, wie diese in das Fernr eingezogen werden. „Man nimmt den Ring, an welchem Fäden ausgespannt werden sollen, aus der Ocularröhre her und läſst durch einen Uhrmacher oder Mechanicus mit ein Grabstichel auf seiner Peripherie Linien ziehen, die durch d Mittelpunct gehen und auf einander senkrecht sind. Soll mehrere Parallelfäden eingezogen werden, so dienen dazu übrigen in der Figur angezeigten Linien. Man feilt dann Grat ab, und schleift da, wo in der Zeichnung die Schattir ist, etwas Metall weg. Dann sucht man ein Spinnennest den Monaten am Ende des Winters findet man diese häufig dunkelen, mit der freien Luft in Verbindung stehenden Ort zieht einen Faden heraus, und fährt einige Male mit dem D men und Zeigefinger daran herab, um ihn vom Staube zu freien; am besten indem man ihn mit einer Cirkelspitze, wo sich etwas Klebwachs befindet, fest hält, und das Nest her hängen läſst. Man spannt dann einen Theil des Fadens z schen beiden Cirkelspitzen aus, indem man eine zureiche Länge des Fadens zwischen ihnen mit Klebwachs befestigt, indem man so den nur mäſsig angespannten reinen Faden z schen den Cirkelspitzen hält, behaucht man ihn, um ihn

etwas stärker anzuspannen. Dann legt man den Ring, worin ingespannt werden soll, auf einen Tisch, auf welchem ein schwarzen Papiers befindlich ist, und legt den Cirkel so ɔer weg, daſs der Faden einer der darauf gezeichneten Lientspricht. Ist er schon stark genug gespannt, so kann ihn sogleich festkleben, und dieses geschieht am besten dah, daſs man ein nicht scharfes eisernes Instrument, z. B. eiSchraubenzieher, mit hölzernem Hefte, im Lichte erhitzt, etwas Wachs an die Spitze bringt, und dann wieder so erhitzt, bis dieses anfängt zu verdampfen; dadurch wird Wachs im höchsten Grade flüssig, und man kann hiermit den n sehr gut befestigen; — daſs der Schraubenzieher nicht er Spitze ins Licht gekommen und beräuchert seyn muſs, teht sich von selbst. Ist der Faden noch nicht gespannt gegewesen, so reiſst man ihn, nachdem nur das eine Ende eklebt worden, von der andern Cirkelspitze los und spannt, ehe man die zweite Befestigung anbringt, mit der Hand ier, (dies kann dadurch geschehen, daſs man den Ring so belastet, daſs der Faden nur noch kaum stark genug ist, fortzuziehen, und indem man dann durch dieses Fortziehen Faden völlig anspannt), worauf dann die Befestigung, wie in, erfolgt. Um sich zu überzeugen, ob der Faden gut gent ist, thut man wohl, ihn nach der Befestigung zu behaun und schnell mit einer Loupe zu besehen, um gewahr zu den, ob er selbst im feuchten Zustande hinreichend gespannt bt. Wenn alle Fäden eingezogen sind, pflege ich auf die nen, in welchen sie liegen, kleine Puncte von Lackfirniſs machen, nach dessen Antrocknen das Wachs, wenn es im ge seyn sollte, weggenommen werden kann. Die zu dieser it nöthige Uebung erwirbt man sich leicht, wenn gleich der Versuch die Geduld wohl oft sehr ermüdet." — So Bessel's Anleitung.

Da die gewöhnlichen Metallfäden zu dick sind, um da, an sehr genaue Bestimmungen erhalten will, angewandt zu len, so hat Wollaston eine Methode vorgeschlagen und führt, um sich ungemein feine Fäden zu verschaffen. Es kannt, daſs man feine Silberfäden dadurch hervorbringt, man einen dickeren Silberstab nach und nach durch immer e Oeffnungen zieht; durchbohrt man nun diesen noch sehr dünne gezogenen Silberstab nach der Richtung sei-

Digitized by Google

ner Axe, so dafs die Oeffnung ein genaues Zehntel des ganzen Durchmessers ist, und giefst diese Oeffnung mit Golde aus. So läfst sich jetzt der Silberstab mit dem darin enthaltenen Golde weiter ziehen, und man erhält, wenn der Silberfaden $\frac{1}{500}$ Zoll dick ist, einen Goldfaden von $\frac{1}{5000}$ Zoll Dicke, von welchem 550 Fufs nur 1 Grain wiegen. Um ihn vom Silber zu befreien, legt man ihn einige Minuten in Salpetersäure, die das Silber auflöst, das Gold aber unverändert läfst. WOLLASTON behauptet auf eine ähnliche Art Platindrähte von $\frac{1}{18000}$ Zoll Dicke erhalten zu haben, die doch noch ein Gewicht von $1\frac{1}{4}$ Grain zu tragen vermochten, zugleich aber bemerkt derselbe, dafs das Anbringen solcher Drähte an bestimmten Stellen viel Schwierigkeit habe, weil Drähte unter $\frac{1}{2000}$ Zoll Durchmesser nicht mehr dem blofsen Augen sichtbar sind; er räth daher, an ihrem Ende etwas wenig Silber übrig zu lassen, damit man sie an den Enden fassen könne[1].

31. Die *Aufstellung* der Fernröhre kann zwar nach Verschiedenheit des Zwecks höchst mannigfaltig seyn, und mufs bei jedem bestimmten Instrumente besonders angegeben werden; aber einige Bemerkungen über die Aufstellungen, welche da passend sind, wo man das Fernrohr nur als Fernrohr gebrauchen will, gehören auch hierher. Will man ein Fernrohr mit einiger Annehmlichkeit gebrauchen, so mufs es auf einem dreifüfsigen Fufsgestelle auf einem Tische oder auf dem Fufsboden aufgestellt werden können. Hat man nicht die Absicht, es zu sehr genauen Beobachtungen zu gebrauchen, so ist es zureichend, wenn an den Ringen, die das Fernrohr umfassen, eine Nufs angebracht ist, die in eine hohle Kugelform durch Schrauben eingeklemmt festgehalten werden kann. Dadurch ist man im Stande das Fernrohr nach allen Richtungen leicht zu bewegen und es doch auch in bestimmten Richtungen feststehend zu erhalten. Will man das Fernrohr auf Reisen mitnehmen, so kann man statt des zu schweren Fufses nur irgend ein Mittel, um die Hülse der Nufs an einem Baume, Pfahle u. s. w. zu befestigen anbringen.

Will man aber das Fernrohr zu genauen Beobachtungen gebrauchen, will man namentlich den Stern, den man einmal im Felde hat, verfolgen, so bedarf man einer doppelten feinen Be-

1 Gilb. LII. 289.

;ung, um nach zwei, auf einander senkrechten Richtungen Stellung des Fernrohrs zu verändern. Bei Fernröhren, die it fest aufgestellt, sondere transportabel sind, macht man e doppelte Bewegung so, dafs die eine horizontal, die an- : vertical ist. Das Fernrohr kann nämlich um eine auf dem se ruhende verticale Axe gedrehet, und dann festgestellt den; aber bei dieser Feststellung ist die Einrichtung getrof- , dafs eine Schraube ohne Ende in Zähne, die auf dem Rande er horizontalen, mit dem Fernrohre fest verbundenen Scheibe geschnitten sind, eingreift, und so das Fernrohr sehr langsam h horizontaler Richtung fortzieht, wenn man die Stellung nur lieser Richtung ein wenig ändern will. Zugleich ist der auf verticalen Axe ruhende Theil der Unterstützung des Fern- rs mit einer horizontalen Axe versehen, damit das Fernrohr h in einer verticalen Ebene bewegen oder in allen verschie- ien Neigungen gegen den Horizont aufgestellt werden könne. t man es also in die Verticalebene gebracht, in welcher sich zu beobachtende Gegenstand befindet, so stellt man es höher r tiefer, so wie es die Lage des Gegenstandes fordert, und t durch eine ganz ähnliche feine Bewegung, wie die vorhin chriebene, nach, um die richtige Stellung völlig zu erreichen. der beobachtete Gegenstand ein Stern, der das Feld des nrohrs bald verlassen würde, so müssen beide Schrauben gleich fortgedreht werden, um der Bewegung des Sternes zu gen.

Wenn das Instrument an einem bestimmten Orte fest steht, giebt man der ersten, vorhin verticalen, Axe lieber eine mit r Weltaxe parallele Stellung. Dann ist eine um diese Axe iende Drehung mit der täglichen Bewegung der Gestirne reinstimmend, und um einen einmal mitten im Fernrohre be- lichen Stern in der Mitte des Feldes zu erhalten, ist nur die : Fortbewegung um diese Axe nöthig; die Fortbewegung um andere Axe dient dann, Sterne aufzufinden, die auf demsel- Declinationskreise stehen.

Um das Fortschrauben des Fernrohrs zu vermeiden, was mit der Hand so gleichförmig geschieht, dafs der Stern genau demselben Puncte des Feldes bleibt, hat man wohl Uhrwerke ebracht, die das Fernrohr in 24 Stunden um jene der Welt- parallele Axe herumführen, und so die Stelle jener fort- raubenden Bewegung vertreten. Die vollkommensten Werke

Digitized by Google

der Art sind ohne Zweifel die grofsen *Fraunhofer'schen fractoren*, bei denen dieses Uhrwerk zwar nicht auf langes Fortgehen eingerichtet ist, aber eine solche Vollkom heit besitzt, dafs der Stern wie befestigt im Felde des Fer erscheint, und man beim Beobachten gar nicht durch ein ternde Bewegung gestört wird. Das Uhrwerk kann leic fser Verbindung mit der Axe, um die sich das Fernrohr d läfst, gesetzt werden, und dann ist man völlig im Stande Fernrohre jede willkürliche Stellung durch freie Drehun der Hand zu geben. Stellt man aber die Verbindung mi Uhrwerke her, so treibt dieses, wenn man sein Gewic läfst, das Fernrohr mit fort. Ein Gewicht nämlich ist so glichen, dafs es allen gegenüberstehenden Theilen und üb auch der Reibung so das Gleichgewicht hält, dafs die ger Vermehrung desselben Bewegung hervorbringen würde. Verbindung von Räderwerk, die als Vorlage die Bewegu ganzen Fernrohrs vermittelt, wenn das Gewicht zu sinke fängt, kann ich hier nicht beschreiben; es erhellet aber ein geringes Uebergewicht jenem Gewichte zugelegt im S ist, die schon völlig aequilibrirte Maschine in Gang zu s und dafs dieser Gang ein beschleunigter seyn würde, wen Gewicht ohne neues Hindernifs frei herabsänke. Diese besc nigte Bewegung würde ganz dem Zwecke der gleichmä Fortbewegungen entgegen seyn, und das Werk bedurft her eines Regulators, den Fraunhofer durch eine bei mehrter Schnelligkeit vermehrte Reibung zu Stande ge hat. Mit dem Uhrwerk nämlich wird eine Unruhe, die schwere Metallmassen an einer elastischen Feder trägt schnellen Umschwung gesetzt. Sie befindet sich in einem fäfse und zwar so, dafs jene Massen bei der Ruhe das nicht berühren, bei der Drehung aber sich vermög Schwungkraft an die Wände andrängen und sich an d desto mehr reiben, je schneller die Drehung ist. Durch Reibung wird die Beschleunigung der Bewegung, sobald einen gewissen Grad erreicht hat, gehindert, und da durch eine kleine Correction in der Stellung der Metallm bewirken kann, dafs die Beschleunigung bei einem h oder minder hohen Grade von Geschwindigkeit aufhört, es nicht schwer, es so einzurichten, dafs die erlangte gl förmige Geschwindigkeit genau die sey, welche das Fer

Digitized by Google

angen soll. Nach STRUVE's Versicherung entspricht diese ordnung der *Centrifugal-Unruhe* aufs vollkommenste ihrem ecke[1]. Ueberhaupt gehören diese gröfsten Fernröhre FRAUN-ER's zu den Meisterwerken der Kunst, deren Ausführbarkeit n beim Antritt dieses Jahrhunderts noch für unmöglich hielt. jetzt in Dorpat befindliche, vermuthlich das letzte, von UNHOFER selbst vollendete, ist 13 Fuſs 7 Zoll lang, des Obivs Brennweite ist 160 Zoll und seine Oeffnung beträgt genau oll. Die vier Vergröſserungen sind 140, 210, 320, 480 Mal, ei die Gesichtsfelder 13',2; 8',0; 5',7 und 4',2 sind. Dieses rument leistet auch wirklich das vollkommen, was seine se erwarten läſst. STRUVE glaubt, daſs es an Schärfe der er alle Spiegelteleskope übertreffe, indeſs ist die Behauptung, es auch gröſsere Lichtstärke besitze, als die groſsen Spiegelskope, noch nicht ganz entschieden[2], und aus den von UVE gegebenen Nachrichten, erhellet nur, daſs man die mei-Gegenstände, welche HERSCHEL mit seinen Teleskopen entt hat, auch mit diesem Fernrohre muſs auffinden und mit t viel geringer Klarheit beobachten können[3].

32. Da bei stark vergröſsernden Fernröhren allemal das Gefeld sehr klein ist, so ist es schwierig, einen bestimmten nstand am Himmel aufzufinden, und man bedarf daher bei öhren, die irgend bedeutende Vergröſserung geben, des *ers.* Dieses ist ein kleines Fernrohr, welches ein groſses hat, und zureichende Lichtstärke bei mäſsiger Vergröſsebesitzen muſs, um die Gegenstände selbst einigermaſsen nehmen zu lassen, die man mit dem gröſsern Fernrohr chten will, oder doch wenigstens zureicht, um Gegennahe bei den zu beobachtenden aufzufinden. Wenn der r richtig gestellt ist, so muſs der Punct, welcher von der seines Fadenkreuzes verdeckt wird, genau in der Mitte

---

[1] STRUVE Beschreibung des groſsen Refractors. Dorpat 1825. Fol.

[2] Ich behalte daher diese Vergleichung dem Art. *Spiegelteror.*

[3] Da die Utzschneider'sche Werkstatt wohl immer noch diejen, an welche allein man sich, um ausgezeichnet groſse und che Fernröhre zu erhalten, wenden kann, so führe ich einige n an, wo die Preise dieser Fernröhre angegeben sind. DE orresp. astronomique VI. 94. Astron. Zeitschrift von v. LINand v. BOHNENBERGER II. 173. Gilb. Ann. LIV. 202.

des Feldes des grofsen Fernrohrs erscheinen, oder die Axen der müssen genau übereinstimmen. Will man Gegenstände suchen, die für den Sucher zu klein oder zu lichtschwach s so wird man wohl immer einige benachbarte Gegenstände nen, die man im Sucher wahrnehmen und mit deren Hülfe den Punct, wo jener Gegenstand stehen soll, in die Mitte Fernrohrs bringen kann.

Einige besondere Vorschläge z Fernröhren.

33. Brewster's *Fernrohr, um Gegenstände unter W zu sehen.* Da wir die im Wasser befindlichen Gegenstände hinreichender Durchsichtigkeit des Wassers, theils wegen ebenheiten der Oberfläche, theils weil wir in schiefer Rich auf die Oberfläche blickend, zu viel zurückgeworfene Str erhalten, nicht gut sehen, so bemerkt Brewster erstlich, eine ins Wasser mit dem einen Ende eingetauchte, und mit einem, senkrecht auf die Axe gestellten Planglase fest g das Eindringen des Wassers verwahrte Röhre schon allein Sehen der im Wasser befindlichen Gegenstände sehr beförd seyn würde. Hier nämlich ist die Richtung des Sehens recht auf die durch das Glas fest bestimmte Oberfläche des sers, und diese Oberfläche ist zugleich ganz eben. Zw aber, wenn der Boden so entfernt sey, dafs man eines ei lichen Fernrohrs bedürfe, so müsse, fügt Brewster hinzu, Objectiv, welches nun an die Stelle jenes Planglases tri wieder die Röhre wasserdicht verschliefst, so berechnet we wie es den aus Wasser in Glas und aus Glas in Luft überg den Lichtstrahlen gemäfs ist. Diese Rechnung liefse sich genug anstellen, aber dennoch scheinen dem Sehen unter ser manche Schwierigkeiten entgegen zu stehen, da die ge ste Trübung das Wasser undurchsichtig und die Erleuchtu der Tiefe schwach macht, und überdas eine wallende Ob che, indem sie viele Strahlen zurückwirft, nur wenige zu leuchtung in die Tiefe gelangen läfst[1].

Brewster's Vorschläge zu Fernröhren, die zu Bestim der Entfernung der gesehenen Gegenstände dienen, ge

1 Brewster on philosophical Instruments. p. 225. und L. 65.

Digitized by Google

t ganz hierher, da sie mit der Theorie der Mikrometer in
bindung stehen[1].

34. Kitchiner's *pancratic Eyetube.* Unter diesem
ten eines, alle Vergröſserungen bewirkenden Ocular-Ein-
es kündigte Kitchiner eine Verbesserung der Fernröhre
, von deren wirklicher Anwendung nichts Genaueres öffent-
bekannt geworden ist[3]. Ich theile hier einen Auszug jener
eige mit einigen Bemerkungen mit.

Es ist bekannt, heiſst es dort, daſs man bei vier Ocularen
Vergröſserung sehr vermehren kann, wenn man die beiden
en, oder dem Auge nächsten Oculare von einander entfernt,
kann indeſs nur höchstens bis auf eine nicht völlig das
pelte der gewöhnlichen erreichende, Vergröſserung getrie-
werden. Der Verf. dieser Anzeige dagegen habe sich be-
it, diese Steigerung der Vergröſserung weiter zu treiben, und
sey ihm gelungen, durch seinen Ocular-Ansatz, an ein 44
iges achromatisches Fernrohr angebracht, die feinsten Dop-
terne schärfer und deutlicher zu zeigen, als es bisher bei
nd einem andern möglich war. Mit einem Dollond'schen
rohre von 30 Zoll Brennweite und 2,7 Zoll Oeffnung, lieſs
bei 230maliger Vergröſserung der Stern Castor als Doppel-
n deutlich erkennen u. s. w. Ueber die Einrichtung dieses
lar-Einsatzes wird bloſs Folgendes angegeben. Wenn die Fig.
Röhren A, B und C in die Röhre D ganz eingeschoben wer- 39.
, so giebt das Fernrohr seine eigenthümliche Vergröſserung,
lge der Zusammensetzung beider Linsenpaare nach ihren
nnweiten. Soll aber die Vergröſserung vermehrt werden,
nuſs die bewegliche Röhre A bis zu einer der bemerkten
len ausgezogen werden, die Röhren B, C aber werden nicht
berührt, bis A ganz ausgezogen ist; sodann wird die
ite Röhre B nach und nach bis zu den bemerkten Zahlen ausge-
n, und endlich die dritte Röhre C. Die Zahlen deuten die
achsende Vergröſserungskraft des Fernrohrs an, und ver-

1 Brewster on ph. Instr. p. 134.

2 Astron. Jahrb. für 1826. S. 177.

3 Vermuthlich findet sich mehr darüber in einem wahrscheinlich
eben dem Kitchiner herausgegebenen Buche: The Economy of
Eyes; Second Part; of Telescopes, beeing the Result of 30 Years
riments with 51 Telescopes from 1 to 9 Inches in Diameter, by
hiner — aber dieses Buch habe ich noch nicht erhalten.

muthlich sind diese Zahlen so zu verstehen, dafs die nach gewöhnlichen Stellung der Gläser erlangte Vergröfserung au 1,1 fache, 1,2 fache, 1,3 fache und endlich auf das 4 fache trieben wird, wenn man die Röhren bis an die Linien 110, 130, und endlich 400 herauszieht.

Hierbei ist nun unstreitig die Behauptung, dafs man diese Weise geradehin mit jedem Objective eine so unge verstärkte Vergröfserung erhalten könne, zu umfassend; das Objectiv mufs an sich einen gewissen Grad von Vollk menheit besitzen, um eine starke Vergröfserung zu vertr und wenn ein Objectiv von 30 Zoll Brennweite eine 80 m Vergröfserung auch noch recht gut erlaubt, so wird den nicht allemal auch bei 270 maliger Vergröfserung das Bild schön genug ausfallen. Aber allerdings ist es wahr, dafs che Objective, die ursprünglich nur für 40 malige Vergröfse bestimmt waren oder sich in Fernröhren befinden, denen Künstler keine stärker vergröfsernde Oculare gab, sich noch genug für viel stärkere Vergröfserungen zeigen. Solche jective setzt also Kitchiner voraus, und wir wollen nun gefähr angeben, wie das Ausziehen der Röhren die Vergröfse mit der Stellung der Oculare ändert. Die Einrichtung bei sen veränderlichen Stellungen der Oculare kann versch seyn; ich will zwei derselben etwas näher betrachten, er die, wo die drei ersten Oculare in ihren gegenseitigen Stel gen bleiben, und nur das letzte seine Stelle ändert, zw die, wo das erste Ocular mit dem zweiten, und das dritte dem vierten fest verbunden ist, wo aber der Abstand des ten und dritten verändert wird.

Im ersten Falle erhellet sogleich, dafs wenn man das v Ocular allein herauszieht oder hineinschiebt, kein deutliches hen statt finden konnte; denn die Bilder, welche durch das jectiv und die vereinigten ersten Oculare hervorgebracht wer blieben dann ganz an derselben Stelle, das letzte also nicht im Brennpuncte des letzten Oculars; es ist daher nöthig, auch die Stellung der drei fest verbundenen Oculare ge werde, und wir wollen die dann entstehende Aenderung Vergröfserung bestimmen. Des Objectivs Brennweite sey 30 Zoll = 360 Linien; die Brennweite des ersten Oculars = 15 Linien; des zweiten = 12 Linien; des dritten = 18 nien und des vierten = 12 Linien. Der unveränderliche

d des ersten und zweiten Oculars sey 18 Linien, des zwei- und dritten Oculars = 36 Linien. Als ersten Fall setze ich den Brennpunct des Objectivs 10 Linien vom ersten Ocu- entfernt; dann entsteht das wirkliche Bild in der Entfer- g = 6 Linien vom ersten Oculare, und = 12 Linien vom iten Ocular, und da es also im Brennpuncte des zweiten lars liegt, so fallen die Strahlen parallel auf das dritte Ocu- und sammeln sich in dessen Brennpuncte, der zugleich der npunct des vierten seyn muſs. Hier müssen also die bei- letzten Oculare 30 Linien von einander abstehen, und die

grölserung ist $= \frac{360}{10} \cdot \frac{6}{12} \cdot \frac{18}{12} = 27$ malig.

Dagegen sey das erste Ocular in die Stellung gebracht, daſs Brennpunct des Objectivs nur 6 Linien hinter dem ersten lare liege, dann liegt das wahre Bild = $4\frac{2}{7}$ Lin. hinter dem n und $13\frac{5}{7}$ Linien vom zweiten Oculare; die durch das ite Ocular gehenden Strahlen convergiren jetzt gegen einen ct, der 113 Linien hinter dem zweiten also 77 Linien hinter dritten Oculare liegt; und diese geben $14\frac{3}{8}$ Linien hinter dritten Oculare das zweite wirkliche Bild; damit dieses im npuncte des vierten Oculars sey, müſste dieses um $3\frac{1}{4}$ Lin. in geschoben werden, und die Vergröſserung wäre

$$= \frac{360}{6} \cdot \frac{4\frac{2}{7}}{13\frac{5}{7}} \cdot \frac{113}{77} \cdot \frac{14\frac{3}{8}}{12} = 34{,}2 \text{ fach.}$$

Drittens sey das erste Ocular nur 4 Linien vom Brennpuncte Objectivs entfernt, also das Bild $3\frac{3}{19}$ Lin. vom ersten und Linien vom zweiten Oculare entfernt; die aus dem zwei- Oculare hervorgehenden Lichtstrahlen convergiren so, daſs n $62\frac{2}{3}$ Linien Entfernung sich sammeln würden, wenn sie das dritte Ocular anträfen; dieser Sammlungs-Punct liegt $26\frac{2}{3}$ Linien vom dritten Oculare entfernt, und das zweite $10\frac{1}{4}$ Linien von demselben, das vierte Ocular muſs also in leichung gegen die erste Stellung $7\frac{1}{4}$ Lin. hereingeschoben len, und die Vergröſserung ist

$$\frac{360}{4} \cdot \frac{3\frac{3}{19}}{14\frac{16}{19}} \cdot \frac{62\frac{2}{3}}{26\frac{2}{3}} \cdot \frac{10\frac{1}{4}}{12} = 40\frac{1}{2}.$$

Diese Beispiele zeigen, wie eine Veränderung in der Stel- zweier Gläser die Vergröſserung ändert; aber nach Schu-

MACHER's Angabe[1] werden die beiden verbundenen letzten O
lare herausgezogen, die beiden ersten zurückgeschoben;
dadurch die Aenderung der Vergröſserung bewirkt. Gehe
also von dem Falle aus, wo die Vergröſserung die $40\frac{1}{4}$ fache
und stelle nun das erste Ocular $4\frac{1}{2}$ Linien vom Brennpu
des Objectivs entfernt, so liegt das erste wirkliche Bild $3\frac{6}{11}$
nien vom ersten und $14\frac{7}{11}$ Linien vom zweiten Oculare;
auf das zweite Ocular fallenden Strahlen würden nach
Durchgange durch dieses ein Bild in $68\frac{8}{11}$ Lin. Entfernung
vorbringen, und damit dieses $26\frac{2}{3}$ Lin. hinter dem dritten O
lare liege, müſste dessen Abstand vom zweiten auf 42 Li
gebracht werden, statt daſs er vorhin nur 36 war, das i
beiden letzten Oculare müſsten 6 Linien herausgezogen, di
den ersten $\frac{1}{2}$ Lin. hineingeschoben werden, und es ist nu
Vergröſserung $\frac{360}{4\frac{1}{2}} \cdot \frac{3\frac{6}{11}}{14\frac{7}{11}} \cdot \frac{68\frac{2}{3}}{26\frac{2}{3}} \cdot \frac{10\frac{1}{4}}{12}$ also ungefähr 44 fa

SCHUMACHER bemerkt aber mit Recht, daſs ein beson
Nutzen dieser Ocularröhren nicht erhelle, einzig den ausge
men, daſs man untersuchen kann, welche Vergröſserung
gegebenes Objectiv noch gut vertrage; in so fern möchte e
Künstlern, die Fernröhre verfertigen, von einigem Nutzen
die Entfernung der beiden letzten Oculare von den beid
sten so zu bestimmen, daſs die Vergröſserung möglichst
werde[2]. B.

Festigkeit.

Soliditas; Solidité; *Firmness, Solidity*; beze
eine *relative* Eigenschaft verschiedener Körper, welche
wegen nur relativ ist, weil es kein absolutes Maſs oder
absolute Gröſse derselben giebt. Diese Bezeichnung wird
in einem zweifachen Sinne genommen. Entweder beze
Festigkeit (oder besser Starrheit, weswegen auch richtiger

---

1 Astron. Nachrichten IV. No. 88.

2 Als einen Vortheil, den man allenfalls aus dieser Ein
ziehen kann, bemerkt doch Kunowsky, daſs man bei ung
Durchsichtigkeit der Luft, sogleich die angemessenste Vergröſ
die man gerade brauchen kann, finde. Eine ähnliche Einrichtun
Oculars von Cauchoix, giebt Biot an (Experim. Phys. III. 457.)
choix nennt diese Fernröhre lunettes polyaldes.

Digitized by Google

rper als feste gesagt wird), diejenige Eigenschaft oder den-igen Zustand der Körper, vermöge dessen ihre Theile einer : Trennung von einander oder Verschiebung über einander virkenden Kraft irgend einen meſsbaren und meistens sehr eutenden Widerstand entgegensetzen, in welcher Beziehung se ihre Beschaffenheit der tropfbaren und gasförmigen Flüs-ceit entgegensteht; oder aber der Ausdruck Festigkeit be-chnet den gröſseren und geringeren Grad dieses Widerstan-gegen irgend eine Art der Trennung ihrer Theile, in wel-m Falle sie der Zerbrechlichkeit, Zerreiſsbarkeit, überhaupt Zerstörbarkeit entgegensteht, und in die absolute, relative, kwirkende und der Drehung widerstehende Festigkeit abge-ilt wird. In der letzten Bedeutung ist die Sache in gehöri-: Vollständigkeit in den Art. *Cohaesion* und *Elasticität* abge-ndelt, auch sind in dem ersteren derselben diejenigen Ansich-ı angegeben, welche man sich von dem Wesen und den Be-ıgungen dieses Zustandes gemacht hat. Noch einiges, was h hierüber beibringen läſst, wird am besten unter *Flüssigkeit* d *Gas* abgehandelt werden. Es bleibt somit hier nichts wei-übrig, als die ihres allgemeinen Bekanntseyns wegen fast erflüssige Bemerkung, daſs eine scharfe Bezeichnung des Zu-ndes der Festigkeit, im Gegensatze der Flüssigkeit oft schwie-, wo nicht unmöglich ist, indem man sich leicht in Verlegen-it befinden könnte, ob man z. B. erweichtem Wachse, Pech s. w. die Eigenschaft der Festigkeit oder der Flüssigkeit bei-gen solle. Eben daher wird aber diese Eigenschaft mit Recht ne relative genannt. *M.*

F e u e r.

nis; Feu; *Fire*. Die Bedeutung des Worts *Feuer* hat h allmälig sehr geändert. In früheren Zeiten bezeichnete das-be bei wissenschaftlichen Untersuchungen einen gewissen ementarstoff, oder auch eine Grundkraft, welche als die Ur-che alles Erwärmens und Verbrennens angesehen wurde, wie h deutlich aus den Ausdrücken: *Feuerstoff*, *Feuerwesen*, *ementarfeuer* u. a. ergiebt. Diese Wortbedeutung kann aber gänzlich untergegangen betrachtet werden, wenigstens wenn n den neuesten Zeiten die Rede ist. Auſserdem aber bezeich-t dieses Wort, hauptsächlich im gemeinen Leben, das soge-nnte *Küchenfeuer*, oder dasjenige, was durch den Act des

Digitized by Google

Verbrennens gegeben wird, wie die Ausdrücke *Feuerhe* *Feuerlöschung*, *Feuerhake* und viele andere beweisen. In somit alle diejenigen physikalischen Untersuchungen, we ehemals über das Wesen und Verhalten des Feuers anges wurden, gegenwärtig zur Wärmelehre gehören, so kann nur von demjenigen die Rede seyn, was man gegenwärtig u dem Ausdrucke Feuer versteht. Hierbei ist eine genaue I stellung der Begriffe nicht ganz leicht, wenn man berücksich wie schwankend die eigentliche Bedeutung des Wortes an un sich und in seinen vielfachen Zusammensetzungen ist. Aus Gesichtspuncte des Physikers betrachtet kann man indefs sa dafs Feuer jederzeit dann zum Vorschein kommt, wenn ir ein Körper mit Ausscheidung von Licht und Wärme verbr und hiernach fällt die ganze Untersuchung mit der des *brennens* zusammen, wohin sie daher zu verweisen ist.

Insofern der Ausdruck *Feuer* aufser dem sogenannten chenfeuer vorzugsweise von demjenigen gebraucht wird, ches so oft einzelne Häuser und ganze Ortschaften verzehrt möge über dieses hier dasjenige gesagt werden, was ganz zum Theil in das Gebiet der Physik gehört. Ueber die En hung dieser Feuer oder der sogenannten *Feuersbrünste* l nichts Bestimmtes angegeben werden, weil ihre Ursache ausnehmend mannigfaltig und allgemein bekannt sind. Nu viel will ich hier bemerken, dafs die durch den Blitz erzeu sich durchaus nicht von andern unterscheiden [1], desglei dafs bei weitem die meisten Brände nicht so verheerend würden, als sie in der Regel sind, wenn man sie mit mehr strengung im Entstehen zu unterdrücken suchte. Zum T aus dieser Ursache sind sie daher minder verwüstend in Städten, namentlich den gröfseren, wo eine geregeltere Po (andere Ursachen hier nicht zu erörtern), eine gröfsere M arbeitsfähiger Menschen und mit mehr Ordnung zum augenbl lichen Löschen anhält, anstatt dafs oft auf dem Lande ein j zunächst erst sein Eigenthum zu schützen sucht, wodurch das Feuer Zeit gewinnt, mit solcher Macht um sich zu gr dafs bald keine Bezwingung desselben mehr möglich ist.

Häufig wird die Beobachtung gemacht, dafs im Anf einer Feuersbrunst fast völlige Windstille herrscht, beim F

---

1 Dieses ist ausführlicher unter *Blitz* Th. I. S. 1027. gezei

nge derselben aber der Wind sich erhebt und bei grofsen änden selbst in Sturm übergeht, auch zuweilen während die- : Zeit seine Richtung ändert. Unter diesen Erscheinungen gt die erste, nämlich das Entstehen des Windes einfach und mittelbar nach pneumatischen Gesetzen durch das Aufsteigen : sehr erhitzten Luft und das hierdurch veranlafste Eindrin- ı der horizontalen Luftschichten, woraus dann auch die mit Zeit leicht zunehmende Stärke des entstandenen Windes be- iflich wird[1]. Weniger leicht läfst sich die wechselnde Rich- g des entstandenen Windes daraus erklären, dafs ähnliche cheinungen auch sonst wohl beobachtet werden, im Allge- inen aber minder auffallen mögen, weil sie nur unbedeuten- Interesse haben, bei einer Feuersbrunst aber von hoher ichtigkeit sind, und daher vorzüglich auffallen. Aufserdem ır dringt die Luft von allen Seiten in die sehr erhitzte ein, d es kann daher von verschiedenen zusammenwirkenden Be- gungen abhängen, wenn die eine und bald darauf eine an- : in gröfserer oder geringerer Höhe über der Erdoberfläche schende Luftströmung die Oberhand erhält.

Die Mittel zur *Feuerlöschung* zerfallen in zwei Classen, n erste die *Instrumente*, die zweite die *gebrauchten Sub- zen* in sich fast. Vorher aber ist als allgemeine Regel zu cksichtigen, dafs ein Brennen überall ohne Zutritt der freien : und des in ihr enthaltenen Sauerstoffgases unmöglich ist, gen desto stärker wird, je leichter und reichlicher die Luft eiströmt. Manches Feuer liefse sich daher in seinem Begin- ersticken, wenn nicht das Bestreben, sich zum Löschen elben Zugang zu verschaffen, ein Oeffnen der Zimmer- ; - und Caminthüren, der Fenster, das Einschlagen der de u. s. w. veranlafste. Namentlich würde das so oft ge- iche Brennen der Schornsteine ohne weiteren Nachtheil en, wenn man Anstalten machte, sie durch eine Klappe eine sonstige Vorrichtung oben so zu verschliefsen, dafs da- ı der Luftzug in ihnen gänzlich aufgehoben würde. Dahin t dann auch das zweckmäfsige und schon mehrmals mit g angewandte Mittel, auf den Heerden unter den brennen- chornsteinen eine verhältnifsmäfsige Menge Schwefel an- den, damit das durch den Luftzug aufsteigende schweflich-

---

[1] Vergl. *Wind*.

saure Gas das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft absor und dadurch das weitere Brennen des Rufses unmöglich ma

Die Werkzeuge, deren man sich zur Feuerlöschung bedi sind aufser den gröfseren Wasserkübeln, kleineren Fe eimern, Haken, Rettungsleitern u. s. w. insbesondere der *Feu spritzen*, welche in der Hauptsache zweifach sind, nämlich genannte Handspritzen und gröfsere auf Rädern beweglic wovon letztere wieder entweder Stofsspritzen sind, oder ei fortdauernden Wasserstrahl vermöge ihres Windkessels ga Handspritzen sind deswegen zu empfehlen, weil man mit nen schnell im Innern der Gebäude zu den brennenden Geg ständen gelangen kann, allein ihre Wirkung ist zu geri wenn das Feuer schon beträchtlich um sich gegriffen hat. vortheilhafteste Construction der Feuerspritzen im Allgemei gehört zur Technologie und praktischen Maschinenlehre, k also hier nicht mitgetheilt werden, die physikalischen Elem aber, auf denen diese beruhet, sind in andern Artikeln gegeben[1].

Als Material der Feuerlöschung dient im Allgemeinen Wasser, sey dieses reines oder schmutziges, je nachdem eine oder das andere in gehöriger Menge am leichtesten zu halten ist. Die Wirksamkeit desselben beruhet auf der Abk lung, welche die brennenden Substanzen durch das Bene erhalten, und da zum Verbranntwerden der Combustibilien mindestens 300° C. betragende Erhitzung erfordert wird, da der Zustand des Glühens eintrete, so kann dieser nach der netzung mit Wasser nicht weiter fortdauern, theils wegen hohen Wärmecapacität des Wassers, hauptsächlich aber w der ausnehmend grofsen Wärme, welche bei der Bildung Wasserdampfes latent wird[2], und das Brennen mufs folg

---

1 S. unter andern Art. *Druckpumpe; Hydraulik* u. a. Zur teratur dient, aufser den Werken über die Hydraulik und die p tische Maschinenlehre, insbesondere: Karsten Abh. über die vort hafteste Anordnung zu Feuerspritzen u. s. w. Greifsw. 1773. 4. I gel Abh. von der besten Art der Feuerspritzen u. s. w. Berl. 17 Helfenzrieder Abh. von Verbesserung der Feuerspritzen. Mün 1778. 8. J. E. Silberschlag praktische Abh. von Prüfung und ri ger Angabe der Feuerspritzen, mit Anm. von Busse. Halle 180 Ferner die engl. Encyklopädieen und die Werke über die Mech

2 S. *Dampf*, latente Wärme desselben.

iören. Statt des Wassers hat man andere Auflösungen vor- :hlagen, welche jenes ersetzen und noch außerdem nament- das Holz mit einem Ueberzuge bedecken sollten, wodurch elbe gegen die weiteren Einwirkungen des Feuers geschützt de, als die durch J. F. Glaser [1] empfohlene Holzaschen- ge, schon gebrauchte Bleicherlauge oder Mutterlauge der Sei- ieder, Lauge aus den Salzpfannen, Lösungan von Thon- :, überhaupt von Erden, Alkalien und Salzen im Wasser. bekanntesten ist diejenige Mischung geworden, welche der wede v. Aken empfohlen hat, nämlich eine Auflösung von ; schwefelsauren Eisens und 30 ℔ Alaun mit 20 ℔ rothem :noxyd (Colcothar) und 200 ℔ Thon vermengt [2]. Es ist zwar rdings richtig, daſs solche Substanzen die Dienste des bloſsen issers ersetzen und noch auſserdem einen das weitere Ver- nnen hindernden Ueberzug bilden, so daſs sie also dem blo- n Wasser vorzuziehen sind; allein theils sind sie an den mei- ı Orten nicht in hinlänglicher Menge zu haben, man kann gar nicht oder nur mit übermäſsigen Kosten in der erforder- ıen Quantität aufbewahren, und mehrere derselben verunrei- en die Schläuche, Guſsröhren und Ventile der Spritzen bis Unbrauchbarkeit. Unter den verschiedenen Vorschlägen die- Art ist derjenige, welchen Six [3] gemacht hat, einer der be- n, indem er räth, sich einer Lösung von Meersalz in Wasser bedienen, welches weniger leicht gefriert als gemeines Was- , die Kübel zur Aufbewahrung nicht so leicht faulen läſst, d den brennbaren Substanzen allerdings einen mindestens et- as dem Feuer widerstehenden Ueberzug giebt [4]. Wo indeſs s Meersalz nicht leicht, in gehöriger Menge und wohlfeil zu ben ist, da wird der Gebrauch dieses Mittels schwerlich ein- führt werden, um so mehr als ein nachtheiliger Einfluſs sol- er Salzlösungen auf das Metall, namentlich das Eisen, der uerlöschungs-Apparate allerdings statt findet.

Es wird oft behauptet, daſs nach Beobachtungen, insbeson- re bei heftigen Feuersbrünsten, eine zu geringe Quantität des

---

1 S. Dr. J. F. Glaser's Feuerlöschproben. Marb. 1786. 8.

2 G. XXIII. 314.

3 Ann. de Chim. LIV. 138.

4 Ueber die Mittel, wodurch man die Verbrennlichkeit der Kör- :r aufzuheben oder zu vermindern beabsichtigt s. Art. *Verbrennen*.

Digitized by Google

eingespritzten Wassers das Brennen anstatt zu unterdrücken v mehr verstärke. Im Allgemeinen genommen scheint hierin Widerspruch gegen die Naturgesetze zu liegen, indem man Sache so ansehen könnte, als wenn das Wasser, ein schon v brannter Körper, noch einmal verbrannt würde. Dieses ist z an sich unmöglich, allein dennoch ist die Sache nicht ganz o Grund. Wenn nämlich der Brand bedeutend stark, und ins sondere eine grofse Menge schon verkohlter und noch glühen Balken vorhanden ist, so vermindert sich die Menge des Rauc und der Flammen, deren Aufsteigen das Herbeiströmen frisc Luft und des darin enthaltenen Sauerstoffgas befördert, des le teren ist nicht genug vorhanden, um sich mit den glühen Kohlen zu verbinden und Kohlensäure zu erzeugen; das Br nen vermindert sich daher scheinbar wegen der verminder Flamme, oder es nimmt aus den angegebenen Gründen wirkl etwas ab. Kommt unter diesen Umständen wenig und fein v theiltes Wasser mit den brennenden Kohlen in Verbindung, so allgemein die Quantität desselben so geringe, dafs die brenn den Kohlen durch die zur Verwandlung desselben in Dampf forderliche, und ihnen entzogene Wärme, nicht unter die Gl hitze abgekühlt werden, und hiernach verlöschen; so vermög sie das Wasser zu zerlegen, sie eignen sich den Sauerstoff d selben an, und der freigewordene Wasserstoff dient zur V gröfserung der Flamme hauptsächlich durch das gebildete Ko lenoxydgas. Im Kleinen kann man diesen Procefs leicht d stellen, wenn man in einen mit Kohlen gefüllten und stark z henden Ofen etwas Wasser spritzt, wobei sogleich eine sta bläuliche Flamme mit Prasseln aus dem Schornsteinröhre hera zufahren pflegt. Etwas Aehnliches findet statt, wenn man nen Strom Wasserdampf auf eine beträchtliche Menge stark g hender Kohlen leitet. Hierbei ist auf allen Fall, wie sch angegeben, ein scheinbar stärkeres Verbrennen vorhanden, w gen der auffallendern Flamme; es läfst sich aber auch denk dafs das eigentliche Verbrennen und die erzeugte Hitze zune me, wenn wirklich alles Wasser zerlegt wird, denn die spe fische Wärme des Wassers ist gröfser als die seiner Bestandthei und eine Trennung des ersteren in die letzteren müfste also eige lich mit Wärmeerzeugung verbunden seyn [1]. Dieser Gegensta

---

1 Vgl. Scholz Physik 2te Aufl. S. 284. Gay-Lüssac in Ann. (Ph. I. 214.

t übrigens mit der Wärmelehre überhaupt so innig zusam- dafs er erst dort zur näheren Untersuchung kommen kann. Phänomen an sich ist einmal richtig, ob aber das eigent- Brennen und die durch das Feuer erzeugte Hitze durch geringe Quantität fein vertheilten Wassers wirklich ver- t werde, ist durch die Erfahrung noch nicht ausgemittelt. In Beziehung auf die Quantität des zur Feuerlöschung er- rlichen Wassers ist insbesondere der zwischen v. Marum Decroizilles hierüber geführte Streit in der physikalischen atur einer Beachtung werth. v. Marum stellte nämlich den auf, dafs bei Feuersbrünsten meistens eine ganz unnöthige serverschwendung statt finde, wodurch manches an Häusern Geräthen zerstört, die Arbeit unnöthig erschwert, und leicht ndern gleichfalls brennenden Stellen Mangel an Wasser her- eführt werde. Um aber zu beweisen, dafs es nicht sowohl die Quantität des Wassers als vielmehr auf die zweckmäfsi- Verwendung desselben ankomme, liefs v. Marum in wie- olten Versuchen ein Häuschen bauen, bedeckte dieses mit Schichten Stroh, machte zwei Oeffnungen als Luftzüge in selben und zündete es an. Nachdem es vier Minuten ge- nt hatte, wurde das Wasser dagegen gespritzt, und die Lö- ng schnell mit 5 Eimern Wasser in drei Minuten bewerk- igt, obgleich die Balken 1,5 Z. tief versengt waren[1].

Gegen die Resultate dieser Versuche erklärte sich Decroi- lles[2] deswegen, weil bei denselben nur die Oberfläche des zes und insbesondere die leichtverbrennlichen Substanzen in mmen gestanden hätten, wobei allerdings nur wenig Wasser Löschen erfordert werde. Ganz etwas anders aber ergäbe , wenn das Holz bis zu einer bedeutenden Tiefe verkohlt in welchem Falle bei weitem eine gröfsere Masse Was- erfordert werde, eine kleinere aber leicht Vermehrung des mens durch Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile nlassen könne. Zur Unterstützung dieser Behauptung führt ie Ergebnisse einiger Versuche an, welche zu Rouen ange- t wurden. Ein Künstler aus Paris wollte nämlich zeigen, er mit einem eigenthümlichen feuerlöschenden Wasser leicht

---

1 Voigt Mag. I. 2. 120. Gren. N. J. III. 134. IV. 152. G. II. 313.

2 Ann. de Chim. LI. 27. Vergl. LIV. 104.

Digitized by Google

die gröfste Flamme unterdrücken könne, und dieses gelang au wiederholt. Als aber die Commissarien zur Prüfung der Sa verlangten, dafs das eigends für diesen Zweck erbauete, Stroh gefüllte und mit Pech angestrichene Haus, nachdem erst stark rauchende, dann helllodernde Flamme der leicht bren baren Stoffe sehr vermindert, nachher aber das Holz bis e einen Zoll tief völlig verkohlt war, gelöscht würde, wandt mehr als die zehnfache Quantität seines vorher gebrauch Löschwassers an, und dennoch brannte das Haus völlig v. MARUM hat sich gegen diese Einwürfe vertheidigt, und d zuthun gesucht, dafs in seinen wiederholten Versuchen ni blofs die leicht verbrennlichen Substanzen vom Feuer ergrif gewesen, sondern auch das Holz bis zu einer bedeutenden T verkohlt worden sey, welchen Einwendungen DECROIZIL die seinigen wieder entgegengesetzte; kurz der Streit wu nicht ohne Leidenschaftlichkeit geführt, die Sache selbst a nicht zur endlichen Entscheidung gebracht, welches durch nige eben so leichte als entscheidende Versuche ohne Schw rigkeit zu erreichen war. DECROIZILLES leugnete nämlich Resultate der Versuche v. MARUM's nicht, welche in Holl und in Deutschland so viel Aufsehen erregt hatten, behaupt aber, vollkommen glühende Kohlen oder völlig verkohlte Bal könnten nicht mit so wenigem Wasser gelöscht werden, als MARUM gefunden haben wollte, und hierin hatte er wohl o Zweifel schon in sofern Recht, als völlig verkohlte und bis ihr Innerstes glühende Balken sich durchaus voll Wasser sau müssen, wenn nicht die Hitze aus dem Innern das äufsere netzende Wasser verdampfen und die Entzündung aufs Neue ginnen soll. Die ganze Sache kam also auf die Entscheid der Frage an: *Wie viel Wasser eine vollkommen glühen Kohle zum sicheren Verlöschen bedürfe.* Da mir keine V suche hierüber bekannt sind, so beschlofs ich selbst einige zustellen, welche zwar in Beziehung auf Feuersbrünste nur g näherte Resultate geben, im Ganzen aber zur Entscheidung Sache dienen können. Bei wirklichen Feuersbrünsten nämli sind die Bedingungen nachtheiliger, als im Experimente, ind dort die glühenden Kohlen oft auf und neben glühenden Stein oder auf dem stark erhitzten Boden liegen, deren nachhalten Hitze einen Theil des Wassers verdampfen und das Glühen na der Löschung wieder herbeiführen kann. Die folgenden Res

Digitized by Google

sind die Extreme einer Reihe von Versuchen, welche
m einfachsten zur Entscheidung der Sache zu führen schei-
Ich nahm vollkommen glühende Kohlen von etwa 1 Zoll
2 Zoll breit und 3 bis 4 Zoll, auch noch wohl etwas dar-
lang, mit einer Zange schnell aus dem Feuer, blies die
hängende Asche ab, und löschte sie mit einer gewogenen
ntität reinen Wassers aus, ehe die ohnehin schmalen Enden
Zange sie merklich abkühlen konnten. Weil ich hierbei
n Tropfen des gebrauchten Wassers verlor, so gab der Un-
hied einer vorher und nachher angestellten Wägung genau
Menge des zum Auslöschen erforderlichen Wassers. Das
öschen geschah theils so, daſs die gebrauchten Kohlen zwar
eit noch heiſs blieben und dampften, jedoch waren sie ent-
er so stark benetzt, daſs man sie mit dem Finger auswärts
ihren konnte, und sie sich zuverlässig nicht wieder durch
eigene Hitze und ohne einen von Auſsen einwirkenden glü-
len Körper entzündet haben würden, oder sie blieben noch
eiſs, daſs man sie nicht berühren konnte, und sie sich in
ge auf einem heiſsen Boden aufgehäuft vermuthlich oder
l sicher wieder selbst entzündet haben würden, obgleich sie
len Augenblick und der kalten Luft ausgesetzt völlig erlo-
n waren und blieben. Den Bedarf des Wassers für den er-
Fall nenne ich den gröſsten, für den letzteren den kleinsten.
hdem die Kohlen völlig erkaltet waren und sich im Wasser
vollgesogen hatten, wodurch nach Messungen sowohl als
der Art des Experimentes gemäſs sich ihr Volumen nicht
ern konnte, so senkte ich sie in Wasser herab, und bestimmte
bei den Gewichtsverlust. So wie nun jenes obere Gewicht
Volumen des zum Auslöschen der Kohlen erforderlichen
sers angiebt, so ist das letztere dem Volumen der Kohlen
hfalls direct proportional. Für das Maximum betrug das
icht des Wassers 11,58 Grammes, das der Kohle 45,45;
las Minimum jenes 9,89 des Wassers und 52,86 der Kohle,
chen welchen beiden Resultaten alle die aus anderen Ver-
en erhaltenen in der Mitte lagen. Hiernach also bedürfen
g glühende Kohlen zum Auslöschen in Maximo $\frac{1158}{4545}$ oder
$\frac{1}{4}$, in Minimo aber $\frac{989}{5286}$ oder nahe $\frac{1}{5}$ ihres Volumens an
ser. Man darf hiernach also annehmen, daſs im Mittel etwa
fünfte Theil des Volumens der durchaus glühenden Kohlen
Wasser erforderlich ist, um sie vollständig auszulöschen.

Digitized by Google

Wenn gleich diese Resultate sehr entscheidend für die hauptung von DECROIZILLES sprechen, so ist doch zugl wohl zu berücksichtigen, dafs die Feuerlöschung in vorkomm den Fällen der Regel nach nicht dann anfängt, wenn eine deutende Menge des Holzes völlig verkohlt ist, denn alsdann pf das Haus schon in sich selbst zusammengestürzt zu seyn, Löschung wird überflüssig und die Aufmerksamkeit ist n darauf gerichtet, die weitere Verbreitung des Feuers zu ver ten. Meistens beginnt vielmehr die Feuerlöschung dann, wird am ernstesten betrieben, wenn die leicht brennbaren chen in hellen Flammen stehen, und dafs für diese Fälle die geln v. MARUM's gelten, geht sowohl aus dessen eigenen suchen hervor, als auch aus denen, welche DECROIZILLES nen entgegengestellt hat. Man kann diesemnach als sichere gel annehmen, dafs die Quantität des erforderlichen Wasser viel gröfser seyn mufs, je tiefer und allgemeiner das Holzw der brennenden Gebäude bereits verkohlt ist. Im Allgemei ist es ferner gewifs richtig, dafs ein Feuer in seinem Begin durch eine zweckmäfsig angebrachte geringe Quantität Wa leicht gelöscht werden kann. Auf diesen Grund und die Re tate der Versuche ist denn auch PARROT's[1] Vorschlag gest sich zum Löschen des Feuers gemeiner Besen mit nassen Tüc umwickelt und an langen Stäben befestigt zu bedienen, wel in geeigneten Fällen ganz nützlich sind, im Allgemeinen die Feuerspritzen und sonstigen Löschapparate nicht erset können, und überhaupt wegen ihrer nicht überall pafslic im Ganzen aber unbeholfenen Länge von 8 bis 15 F. schon m ches wider sich haben. Ich möchte hier des praktischen N zens wegen überhaupt noch in Erinnerung bringen, dafs m ches Unglück durch Feuer angerichtet wird, welches durch n Besonnenheit und Benutzung der unmittelbar zur Hand seyen Mittel hätte verhütet werden können. Oft läfst sich ein ginnender Brand in einem Zimmer z. B. durch eine ein Flasche Wasser im Entstehen unterdrücken, und aufserdem es nicht blofs Wasser, welches brennende Gegenstände lö sondern die letzteren können nicht weiter brennen, wenn sie sofort nur mit beliebigen Substanzen völlig überdeckt. S che Mittel könnten oft namentlich dann angewandt wer

1 Entretiens sur la Physique Dorp. 1820. III. 172.

n Damen ihre eigenen Kleider am Camine anzünden und in chen ähnlichen Fällen. *M.*

Feuerkugel.

is, *globus ardens;* Bolide, Globe de feu; *Fire*

So nennt man diejenigen Meteore, die zuweilen plötz- entstehend, einer feurigen Kugel gleichend, durch die Luft n. Man nannte sie ehemals auch feurige Drachen, flie- e Drachen, und machte sich sonderbare Vorstellungen von 1.

eobachtungsmethode und Berechnung ihrer Lage.

Da die Feuerkugeln gewöhnlich nur Nachts und bei heite- Himmel gesehen werden, so bestimmt man ihren scheinba- hn am besten nach den Sternen, bei welchen sie vorbei- 1. Wer sich das Verdienst erwerben will, Beiträge zu ichtigen Entscheidung der Frage, in welchen Höhen die kugeln entstehen und fortziehen, zu liefern, der muſs Aufmerksamkeit auf diese Bestimmung des scheinbaren sogleich, indem er die Erscheinung sieht, richten. Sind Wolken am Himmel, und kennt man die Sternbilder zu- ad, so kann man den ganzen Weg von Stern zu Stern ver- , welchen die Feuerkugel durchläuft; und obgleich dieses ei sehr guter Sternkenntniſs, wegen der Schnelligkeit des ckens nicht ganz leicht ist, so kann es doch meistens ge- nug geschehen, um die Höhe zu bestimmen, wenn von en nicht zu nahen Orten Beobachtungen verglichen wer- nnen. Ist der Himmel nicht wolkenfrei, so daſs man die ugel nur zwischen Wolken hervorkommen sieht, oder der Beobachter nicht Sterne genug, um den Weg der ugel mit Hülfe der Sterne anzugeben, und in die Stern- einzuzeichnen, oder erscheint die Feuerkugel am Tage, man sich, um ihren scheinbaren Ort, so gut es dann ist, anzugeben, den Ort, wo man sich selbst befindet, bemerken, und sich den Gegenstand merken, vertical elchem die Erscheinung in ihrem Anfangs- oder End- stand; kehrt man dann mit einem Compaſs oder Winkel- zu eben dem Orte zurück, so kann man das *Azimuth* 1.

in welchem man die Erscheinung wahrnahm, sicher bestimme in Hinsicht auf die scheinbare Höhe wird man sich in diese Falle oft mit unsicherer Schätzung begnügen müssen, die m jedoch auch berichtigen kann, wenn man an demselben Pun ein Winkel-Instrument nach der Höhe richtet, wo man, weit die Erinnerung es anzugeben verstattet, die Erscheinu gesehen hatte. Die gewöhnlichen Angaben, die die Höhe d Feuerkugeln nach Häuserhöhen, ihre Gröſse nach Fuſsen und Länge ihrer Schweife nach Vergleichung mit der Länge ei Straſse oder dergleichen bestimmen, sind eben so lächerlich u Unwissenheit verrathend, als sie nutzlos sind. Wenn man v zwei Orten hinreichend genaue Beobachtungen hat, nach w chen Richtungen in Beziehung auf den Horizont das Phäno gesehen worden ist, so kann man den Ort angeben, wo e Zenith gestanden hat. Zu diesem Zwecke nimmt man ei Landcharte, auf welcher sich jene zwei Beobachtungsorte, ziemlich entfernt von einander seyn müssen, befinden, und zi von jedem derselben, Linien in der Richtung gegen den Me dian, welche, der eine und der andere Beobachter als Azim des Phänomens angegeben haben. Der Punct, wo diese s auf der Landcharte schneiden, bezeichnet den Ort, wo die E scheinung im Zenith stand, und wenn einer der Beobachter gleich die scheinbare Höhe angegeben hat, so kann man wirkliche Höhe über der Erde gleichfalls finden. Mit die einfachen Bestimmung muſs man sich oft begnügen, wenn Beobachtungen keine groſse Genauigkeit gestatten.

Die genauere Berechnung der Höhe läſst sich auf folg Weise erhalten, wenn der scheinbare Ort am Himmel von z ziemlich weit von einander entfernten Beobachtern mit zu chender Genauigkeit angegeben ist. Die Angabe wird im am besten mit Hülfe der Sterne gemacht werden, und man w daher die gerade Aufsteigung und Abweichung des Punctes, das Meteor erschien, kennen; man muſs aber auch die Zeit m lichst genau kennen, um die Stellung der Sterne gegen den ridian für den gegebenen Augenblick richtig zu wissen. D Stellung der Himmelskugel kennt man, indem man die ge Aufsteigung des Meridians oder der Mitte des Himmels we welche durch Bestimmung der Zeit, die man leicht auf Stern zurückführt, erhalten wird.

Wenn man den scheinbaren Ort durch die gerade A

Digitized by Google

ung und die Abweichung angegeben hat, so erhält man aus echnung sogleich den Ort der Feuerkugel in geographi- Länge und Breite. Die beiden durch beide Beobachtungs- e gelegten, auf die Ebene des Aequators senkrechten Ebe- deren Richtung durch die Rectascension bestimmt wird, nämlich einen Durchschnitt, welcher die geographische des Ortes, wo die Erscheinung im Zenith stand, be- t.

MN stelle die Erde, A den einen, B den andern Beobach- rt vor, X sey das beobachtete Meteor. Da NQM die des Erd-Aequators vorstellt, und APC, BPC Ebenen cht auf den Aequator durch jeden der beiden Orte gelegt, len a, b, die Projectionen beider Beobachtungsorte, x die tion des Meteors auf die Ebene des Aequators vor, indem Bb, Xx, Linien senkrecht auf den Aequator sind. Hier et nun leicht, daſs aCb der Längenunterschied beider chtungsorte ist, und daſs die Linien ax, bx eben die l mit Ca, Cb, machen, welche der Beobachter als Unter- der Rectascension seines Meridians und des von ihm gese- Meteors aufgezeichnet hat; denn alle Puncte der Ebene erscheinen dem Beobachter in A unter gleicher gerader gung, und PAaC ist die Ebene seines Meridians. Es n A′ die gerade Aufsteigung des Meridians im Puncte B t der Beobachtung, a′ die scheinbare Rectascension des s für B, so ist $xbL = a' - A'$, und wenn die geographi- eite des Ortes $B = B'$, der Abstand derselben vom Cen- Erde $= R'$ ist, $Cb = R' \operatorname{Cos} B'$; $Bb = R' \operatorname{Sin} B'$. Ha- a″, B″, R″ eben die Bedeutung für den Punct A, so − A′) der Längenunterschied beider Orte und man hat Fig. 40.

$$\ldots x = \frac{Cb \,.\, \operatorname{Sin}(a' - A')}{\operatorname{Sin} bxC}, = \frac{Ca \,.\, \operatorname{Sin}(a'' - A'')}{\operatorname{Sin} axC};$$

nn x die Rectascension der Mitte des Himmels für die Xx, oder $x - A' = xCb =$ dem geographischen Län- schiede der Orte X, B, ist, also $xCa = x - A'$, so er- 1

$$\frac{\ldots' \operatorname{Cos} B' \,.\, \operatorname{Sin}(a' - A')}{\operatorname{Sin}(a' - x)} = \frac{R'' \,.\, \operatorname{Cos} B'' \,.\, \operatorname{Sin}(a'' - A'')}{\operatorname{Sin}(a'' - x)},$$

aus

$$\ldots x \,.\, R' \operatorname{Cos} B' \,.\, \operatorname{Sin}(a' - A') - \operatorname{Sin} a' \operatorname{Cos} x \,.\, R'' \operatorname{Cos} B'' \operatorname{Sin}(a'' - A')$$
$$\ldots \operatorname{Sin} x \,.\, R' \operatorname{Cos} B' \operatorname{Sin}(a' - A') - \operatorname{Cos} a' \operatorname{Sin} x \,.\, R'' \operatorname{Cos} B'' \,.\, \operatorname{Sin}(a'' - A'');$$

also

$$\text{Tang}\, x = \frac{R' \text{Cos}\, B' \text{Sin}\, a'' \text{Sin}\, (a' - A') - R''. \text{Cos}\, B'' \text{Sin}\, a' \text{Sin}\, (a'' -}{R' \text{Cos}\, B' \text{Cos}\, a'' \text{Sin}\, (a' - A') - R'' \text{Cos}\, B'' \text{Cos}\, a'' \text{Sin}\, (a'' -}$$

Da hiermit der Längenunterschied zwischen dem Orte des teors und dem einen oder andern Beobachtungsorte gegeben so kennt man alle diejenigen Orte, denen das Meteor im Meri erschien.

Um auch die geographische Breite des Ortes, wo es Zenith erschien, zu finden, ziehe ich B v mit b x, A w mit parallel, also beide mit der Ebene des Aequators parallel, nun ist $XBv = b'$, die scheinbare Declination des Meteor B, weil die Linie B v nach Puncten im Aequator des Him zu geht; eben so $XAw = b''$ die scheinbare Declination In dem auf dem Aequator gezeichneten Dreiecke b C x ist au

$$bx = \frac{Cb.\ \text{Sin}\, xCb}{\text{Sin}\, Cxb} = \frac{R'.\ \text{Cos}\, B'\, \text{Sin}\, (x - A')}{\text{Sin}\, (a' - x)}$$

und eben so $ax = \dfrac{R''.\ \text{Cos}\, B''\, \text{Sin}\, (x - A'')}{\text{Sin}\, (a'' - x)}$,

zugleich aber ist $ax = Aw$ und $bx = Bv$,
$wX = Aw.\ \text{Tang}\, b''$; $vX = Bv.\ \text{Tang}\, b'$,

also $xX = R'.\ \text{Sin}\, B' + \dfrac{R'\, \text{Cos}\, B'\, \text{Sin}\, (x - A')\ \text{Tang}\, b'}{\text{Sin}\, (a' - x)}$

und Tang XCx = Tang der geographischen Breite des Orte das Meteor im Zenith stand

$$= \frac{xX}{Cx} = \frac{\text{Tang}\, b'.\ \text{Sin}\, (x - A') + \text{Tang}\, B'.\ \text{Sin}\, (a' - x)}{\text{Sin}\, (a' - A')}$$

oder auch $= \dfrac{\text{Tang}\, b''.\ \text{Sin}\, (x - A'') + \text{Tang}\, B''\ \text{Sin}\, (a'' - x)}{\text{Sin}\, (a'' - A'')}$

Dieser doppelte Werth entsteht daher, weil vier gegebene stimmungen, zwei Rectascensionen und zwei Declinati mehr als zureichend sind, um die drei gesuchten Stücke ge phische Länge und Breite des Ortes, wo das Meteor im Z stand, und Höhe des Meteors zu bestimmen. Jene dop Bestimmung für y oder die geographische Breite kann ein maſsen als Versicherung über die Zuverlässigkeit der Beob tung dienen; denn wenn beide Werthe auffallend versch wären, so könnte man der Beobachtung nicht viel Vertr schenken. Aus dem bisherigen findet man nun auch die E

ıg vom Mittelpuncte der Erde $CX = \varrho = \frac{Cx}{Cos\,y}$

$$= \frac{R' \, Cos\,B' . \, Sin\,(a' - A')}{Cos\,y \, . \, Sin\,(a' - x)} .$$

s ist zuweilen angenehm, auch die Entfernung von bei- ›obachtern zu bestimmen, indem sich darnach entscheiden welcher von beiden die Erscheinung am gröſsten sehen . Man findet aber

$$X = Bv \, . \, Sec \, . \, b' = \frac{R' \, Cos\,B' \, Sin\,(x - A')}{Cos\,b' . \, Sin\,(a' - x)} ;$$

$$X = \frac{R'' \, Cos\,B'' \, Sin\,(x - A'')}{Cos\,b'' . \, Sin\,(a'' - x)} .$$

Formeln bestimmen alles, was man zu wissen verlangt; ie geben nicht ganz bestimmt den Grad der Zuverlässig- er Beobachtungen an. Wenn die Beobachtungen ganz ımen genau wären, so schnitten AX, BX sich wirklich Puncte, wo das Meteor lag, und beide Werthe von y strenge mit einander übereinstimmen; aber so genau Beobachtungen vielleicht nie, und indem jeder der bei- ›bachter eine etwas verschiedene Richtungslinie angiebt, genau nach dem Meteor gezogene, so schneiden diese Richtungslinien sich in den meisten Fällen gar nicht. h nun aus zwei nicht genauen Beobachtungen sich über- eine scharfen Resultate erhalten lassen, so setzt man it der meisten Wahrscheinlichkeit den wahren Ort des ens dahin, wo die zwei angegebenen Gesichtslinien ein- n nächsten kommen, und der kleinste Abstand beider gleich an, wie viel ungefähr die Beobachtungen fehler- esen seyn mögen; denn obgleich auch durch Zufall selbst t angegebene Gesichtslinien nahe an einander vorbei und einander in einem Puncte am nächsten seyn kön- nicht eben der ist, wo das Meteor sich befand, so ist Wahrscheinlichkeit immer dafür, daſs der Punct der Nähe beider Linien nahe mit dem Puncte zusammen- auf welchen die Beobachtung gerichtet war, und daſs s Zusammentreffen Folge der Richtigkeit der Beobach- Da ich die allgemeine Bestimmung dieses Punctes des Abstandes beider angegebenen Gesichtslinien anderswo

ausführlich mitgetheilt habe[1], so will ich hier nicht dabei weilen.

Genauere Beschreibung der Erscheinung

Die Nachrichten von einzelnen Feuerkugeln sind so reich, dafs es unmöglich ist, von allen merkwürdigen Beobtungen hier etwas mitzutheilen; ich setze nur einige der wtigsten bekannten Beobachtungen hierher, um zu zeigen, che Erscheinungen die Feuerkugeln darbieten. 1676 am März anderthalb Stunden nach Sonnenuntergang ward eine Dalmatien her, über das Adriatische Meer, über Italien und in der Richtung nach Corsica gehende Feuerkugel in I und Deutschland beobachtet. Man hörte bei ihrem Fortz ein zischendes Geräusch, und bei ihrem Zerspringen ode ihrem Eintauchen in das Meer ein Getöse, wie von Wagen auf Steinpflaster fahren. Alle Gegenstände wurden, wie Tage, erleuchtet; die Kugel zeigte sich so grofs als der mond mit einem zugespitzten Schweife, der anfangs roth, her blau war. Die Höhe ist, so gut es die Beobachtunge laubten, zu 38 italien. Meilen angegeben, die Höhe war wie Chladni bemerkt, wahrscheinlich gröfser. Die Geschdigkeit ward zu 2¾ italienische Meilen in der Secunde anben, und ihre Richtung war, wie Halley bemerkte[2], Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn entgegenge

Die am 19. Juli 1686 in Sachsen von Kirch beobaFeuerkugel, deren Höhe Halley, auf Beobachtungen in Izig und Schleitz gestützt, zu 30 englischen oder 7 bis 8 schen Meilen angiebt, scheint sich dadurch ausgezeichn haben, dafs sie ihren Ort nicht viel veränderte, obgleich Minuten sichtbar blieb. Halley bemerkt indefs[3], selbst Kirch's eigenen fernern Angaben sey sie nicht vollkom ruhend erschienen. Diese geringe Bewegung mufste wohl kommen, dafs sie ziemlich genau die Geschwindigkeit wi Erde selbst hatte, und daher als relativ ruhend erschien.

Die Feuerkugel, von welcher Halley die Beobachtu

---

1 Brandes's Unterhaltungen für Freunde der Physik und nomie. Leipzig 1826. 1. Heft.

2 Phil. Tr. Vol. XXIX. p. 161.

3 Ebend. p. 163.

Digitized by Google

mmelt hat, 1719 am 19. März, soll fast der Sonne gleich uchtet haben; sie selbst hatte ein weifses, der Schweif ein es Licht. Nach dem Erlöschen, das mit zwei Explosionen eitet war, blieb ein helles Wölkchen und ein Lichtstreif ck. Nach HALLEY's Berechnung war sie über Worcester 6 deutschen Meilen Höhe, und ging 5 engl. Meilen in einer nde von Nord gen Ost gegen Süd gen West fort[1].

Die am 11. Dec. 1741 im südlichen England erschienene rkugel ist vorzüglich dadurch merkwürdig, dafs sie bei m Sonnenschein um 1 Uhr Mittags gesehen wurde. Ihr t wird von dem einen Beobachter wie eine feurige Kohle, MILNER dagegen, der in allen seinen Ausdrücken am mei- Sachkenntnifs zeigt, völlig so hell als der Mond erscheint, n man ihn mit der Sonne zugleich am Himmel sieht, be- rieben. Sie erschien in Peckham etwas gröfser als der Voll- nd, bewegte sich nicht ganz so schnell als die Sternschnuppen zugehen pflegen; sie liefs einen Schweif zurück, der weifser, die Feuerkugel selbst, erschien, und dieser war anfangs mal, an beiden Enden zugespitzt, aber nach und nach wurde breiter und nach 20 Minuten zeigte sich dieser Ueberrest der cheinung ganz einer hellen, dünnen Wolke gleich, die etwa imal so breit als zu Anfang war und etwas höher über dem rizonte stand, als gleich nach dem Verschwinden der Kugel. Feuerkugel selbst ging von Südwest nach Nordost, ihr Weg g östlich an der Insel Whight vorbei, ungefähr über die Ge- d von Canterbury. Ihre ganze Dauer wird zu 4 Sec. ange- en; sie verschwand mit einem sehr heftigen, doppelten alle, von welchem in einigen Gegenden der Grafschaft Sussex l in Canterbury die Häuser erbebten, und dieser Knall scheint ht bis London hin und nicht bis zur Insel Whight hörbar ge- sen zu seyn[2].

Am 26. Mai 1751 um 8 Uhr Abends erschien im Agramer nitate eine Feuerkugel, aus welcher zwei Eisenmassen herab- en, deren eine noch jetzt in Wien aufbewahrt wird. Da sie FEDER etwa 30 Grade hoch in Neustadt an der Aisch gesehen rden ist, so mufste sie gegen 30 bis 40 deutsche Meilen hoch

---

1 Phil. Tr. XXX. 978.

2 Phil. Tr. for 1741. p. 870. 1742. p. 1. 188.

Digitized by Google

seyn. Sie zersprang mit Krachen, wobei Erschütterung ı Verbreitung von Rauch bemerkt ward[1].

1758 am 26. Nov. Abends um 8 Uhr erschien in Engl eine merkwürdige Feuerkugel. PRINGLE hat die Beobachtun gesammelt und auf eine sehr passende Weise zusammengest und obgleich nicht alle ganz in Uebereinstimmung sind, so k man doch folgende Angaben, als im Wesentlichen allen Be achtungen entsprechend ansehen. Das Meteor mufs in der Geg von Cambridge zuerst entstanden, oder leuchtend gewor seyn. Dort sah man eine in weifsem Lichte ungemein l glänzende Kugel, etwa halb so grofs im Durchmesser als Mond gegen Nord-Nordwest fortziehen. Als die Kugel n 6 oder 7 Grade vom Horizont war, schien der Schweif zu ı bersten, wobei das Licht blendend wurde: darauf verschw der Schweif und drei Sterne, die der Kugel folgten, zeig sich. Der Glanz war so grofs, dafs man eine auf der Erde gende Nadel hätte sehen können. Die Beobachtungen aus M chester und Cockermouth in Cumberland bestätigen diese U stände. In Carlisle sah man keine abgesonderte Kugel, sond die ganze Masse scheint, als sie in diese Gegend gelangte, gelförmig, hinten zugespitzt, gewesen zu seyn. Auch hier schien sie in dem hellsten Glanze. Aus dem hintern Th des Meteors hat man hier, so wie in Newcastle, Ducham, Du fries, Funken hervorkommen gesehen, die nach einigen Na richten sich beim Herabfallen zerstreuten. Eine Minute n dem Verschwinden (die Zeitbestimmung ist nicht ganz gleich den Beobachtern) hörte man in Carlisle zwei Explosionen gl nach einander, welche Kanonenschüssen aus ¼ deutscher M Entfernung gehört, ähnlich waren. Diese Explosion beschr ein Beobachter, der 15 engl. Meilen nordöstlich von Carl war, als ein furchtbares Krachen, lauter als der stärkste Ka nen-Knall, und sagt, dafs dieses 7 bis 8 Sec. dauerte. Wä rend des Fortziehens der Kugel wollten einige Beobachter Zischen gehört haben, da aber andere an eben den Orten nicht hörten, so hält PRINGLE dieses für Täuschung. A den noch nördlichern Gegenden, namentlich aus Stitchill, deutsche Meilen nordnordöstlich von Carlisle wurde berich

---

1 v. ENDE über Massen und Steine, die aus dem Monde auf Erde gefallen sind. Braunschweig 1808.

man eine ungemein leuchtende Erscheinung gesehen und ıer einen lauten Donner gehört habe, aber einen eigent- ı Körper, der das Licht aussendete, habe man nicht gese- Pringle glaubt daher, daſs, nachdem das Meteor zwi- Carlisle und Dumfries hin gezogen war, es einige Mei- idlich von Douglas die Veränderung erlitten hatte, welche ſeobachter als ein Abbrechen des Schweifes beschrieben, velchem Funken hervorbrachen. Der Haupttheil, in den die Ueberreste des Schweifes sammelten, ging dann bis Fort William, und bei Inverneſs muſs das Meteor nach ı Laufe von 400 englischen (90 bis 100 deutschen) Meilen hwunden seyn. Dennoch scheint dasselbe, obgleich es hier :hen war, fortgezogen zu seyn und sich noch einmal leuch- gezeigt zu haben; denn in 58 Grad Breite an der West- : der Grafschaft Roſs sah man es recht glänzend, doch t der Sonne gleich, nach Süden fortziehen (der vorigen tung entgegen); das Licht glich dem Lichte des bren- en Weingeistes, die Kugel erschien hier ohne Schweif, lieſs Funken von verschiedener Gröſse und Farbe herabfallen. Die Beobachtungen zeigten, daſs es oberhalb Cambridge is 23 deutsche Meilen hoch war, oberhalb Fort William) bis 8 deutsche Meilen. Die Geschwindigkeit des Meteors te über 6 deutsche Meilen in der Secunde seyn[1].

Die am 10. Juli 1771 im nördlichen Frankreich erschienene :kugel ist von Le Roy umständlich beschrieben[2]. Um Uhr Abends zeigte sich dieses Meteor anfangs wie eine se Sternschnuppe, aber allmälig sah man es, der Annäherung en, gröſser; es bewegte sich ungemein schnell und stark ge- die Erde geneigt; seine Form, die anfangs kugelförmig war, nachher in die Form eines Glastropfens über, und dabei der Glanz von der blendendsten Weiſse. Der Haupttheil Meteors war mit Funken umgeben, und der mit Roth um- ne Schweif zeigte sich mit Regenbogenfarben übersäet. Als Kugel sich schon nicht merklich fortbewegte, nahm sie eine iger längliche Form an, und schien in der Mitte zu kochen; uf zersprang sie und zertheilte sich in eine Menge Funken, so glänzend waren, daſs mehrere Personen es nicht ertragen

---

1 Phil. Transact. Vol. LI. for the Year 1759. p. 218. 259.

2 Hist. et Mém. de l'acad. des sc. à Paris pour 1771. p. 670.

Digitized by Google

konnten, sie anzusehen. Die ganze Dauer der Erscheinu wurde in Paris nur auf 4 Secunden geschätzt, doch hatte m den Anfang dort nicht beobachtet. Zwei Minuten nach d Zerspringen hörte man einen Knall, den einige einem entfe ten Donner verglichen, andere dem Rasseln schwer belaste Wagen auf einem Steinpflaster, andere einem einstürzend Hause. Gegen Melun zu war dieser Knall stärker und man u terschied noch einen zweiten schwächeren. An einigen Ort der Stadt empfand man bei dem Knalle zugleich eine Ersch terung. Eben dieses Meteor war von Amiens, Dieppe, Hav bis nach Limoges, Lyon, Dijon und selbst in Sarlat an Dordogne beobachtet worden, und den Knall hatte man Rouen und Amiens bis südlich von Paris gehört, also durch Gegend, die 15 bis 20 deutsche Meilen im Durchmesser hat. Roy schliefst aus den gesammelten Beobachtungen, dafs Meteor zuerst sich in England mufs gezeigt haben, und n Hornsby's Bericht war es auch in der Gegend von Oxf so grofs als der Mond im Durchmesser und mit einem Schw gesehen worden. Da es dort südöstlich erschien, so bestä diese Beobachtung Le Roy's Meinung, dafs es von der Geg der Grafschaften Sussex und Surrey über den Canal herüber und von Nordwest ¼ Nord her ungefähr auf Paris und Melun seine Richtung nahm. Der Punct seines Zerspringens mu einige Meilen südsüdöstlich von Paris liegen, etwa 1¼ lie von Melun. Die Berechnung der Beobachtungen, welche Roy mit grofsem Fleifse gesammelt hat, ergab, dafs die Fe kugel zuerst über 41000 Toisen (über 10 deutsche Meilen) h war, bei der Explosion aber sich bis zu 20600 Toisen (5 de sche Meilen) herab gesenkt hatte, und bei dieser Höhe kon sie sehr gut durch fast ganz Frankreich sichtbar seyn.

Die ganze Dauer des Erscheinens glaubt le Roy doch n auf mehr als 10 Secunden setzen zu können und in dieser Z durchlief das Meteor etwa 45 deutsche Meilen, 4 bis 5 Me in der Secunde. Die Kugel mufste, wenn man auch nur m rechnet, über 1000 Fufs Durchmesser haben; aber dafs et davon auf die Erde gefallen wäre, davon sagt keine Beob tung etwas.

Ueber eine andere Feuerkugel, die am 18. August 17 in England erschien, hat Blagden die Beobachtungen gesa

lt[1]. Diese Feuerkugel wurde von den Shetländischen Inseln nach Frankreich und den Niederlanden beobachtet, und eine :hricht gab an, dafs sie sogar in Rom gesehen wäre. Man sie in Aberdeen und zu Blair in Athol von Norden her herşteigen, und die Beobachtungen ergeben, dafs sie schon dlich von der nördlichsten Küste Schottlands entstand; sie ıg etwas westlich von Perth und etwas östlich von Edinburgh rbei, über die westlichen Gegenden von Northumberland, rch die Mitte von Yorkshire etwas westlich von York. Bis hin ging sie beinahe genau nach Südsüdost fort: aber etwa der Grenze von Yorkshire und Lincolnshire nahm ihre Bahn ıe etwas mehr östliche Richtung, und sie selbst scheint bei eser Aenderung der Richtung auch eine Explosion oder ein :rbersten erlitten zu haben. Anfangs nämlich hatte sie sich ıgelförmig, alsdann etwas elliptisch und geschweift gezeigt; ach dem Zerbersten ging sie nicht mehr als *eine* Masse fort, ondern als eine Menge von Kugeln, von ungleicher Gröfse, e jede einen Schweif hinter sich zogen; auf diese Weise sah an das Meteor mit ungemeinem Glanze alle Gegenstände eruchtend, fortziehen, bis man es in England der Entfernung egen aus den Augen verlor. Diese Sammlung kleiner Meore scheint südöstlich über Cambridgeshire und die Grenzen on Suffolk fortgegangen zu seyn, dann aber der frühern Richıng gemäfs über Essex und den Canal sich bewegt zu haben. ie Küste von Frankreich mufs das Meteor in der Gegend von)ünkirchen erreicht haben, indem man es dort sowohl als in :alais und Ostende nahe am Zenith sah, und so setzte es seinen Veg noch weiter fort, worüber aber die genaueren Nachrichen fehlen. Dieses merkwürdige Meteor durchlief also 13 bis 4 Breitengrade, also 200 deutsche Meilen. Das Ansehen des leteors war veränderlich, so dafs Aubert es nicht für einen esten Körper hielt, und sich darin auch durch die, anscheinend twas wellenartig gekrümmte Linie seines Laufs bestärkt fand.)er Schweif blieb nicht immer gleich, und auch die Hauptnasse war zuweilen rund, zuweilen elliptisch und zuweilen inten spitz zulaufend. Der Schweif schien bei diesen und anlern Meteoren zum Theil aus eben der Materie, wie die Hauptmasse oder der Kern zu bestehen, der übrige, gröfsere

1 Phil. Transact. for 1784. p. 201. 112.

Theil sah aber so aus, als ob er aus dünner zertheilten dunstartigen Theilen bestände. Auch die Farbe des Meteors war veränderlich, aber so sehr bläulich, dafs ein Beobachter den Mond dagegen als in rothem Lichte erscheinend angab. Die Feuerkugel schien kurz vor dem Zerspringen aus hellern und dunklern Theilen zu bestehen, von denen man zu bemerken glaubte, dafs sie in steter Agitation wären. Die Bestimmungen der Höhe scheinen mit vieler Sicherheit zu ergeben, dafs die Feuerkugel ihren ganzen Weg in einer ziemlich gleichen Höhe von 60 englischen (15 deutsche) Meilen über der Erde durchlief. Auch bei diesem Meteore hörte man an einigen Orten einen Knall, und nach Blagden's Meinung mochte wohl bei der ersten Explosion ein Knall statt gefunden haben, und nachher ein zweiter. Den Durchmesser berechnet Blagden zu ¼ engl. Meilen oder 2500 Fufs, gesteht aber, dafs diese Bestimmung unsicher sey, weil Beobachter, deren Standpunct sich in sehr ungleichen Entfernungen von dem Meteor befand, die scheinbare Gröfse dem Durchmesser des Mondes gleich angeben, so dafs der grofse Glanz der Feuerkugel mehr als der eigentliche Sehewinkel die Angabe der scheinbaren Gröfse bestimmt zu haben scheint. Ueberhaupt ist es gewifs, dafs die Schätzung der Gröfse leuchtender Körper grofser Unsicherheit unterworfen ist, denn wer würde nicht die Breite der Blitzstrahlen, die man Nachts in 2 Meilen Entfernung sieht, wohl auf 2, 3 und mehr Minuten schätzen? — und doch würde ein Blitz von 3 Minuten scheinbarem Durchmesser in 2 Meilen Entfernung 40 Fufs Durchmesser haben müssen, was gewifs nicht der Fall ist. Die Dauer dieser Feuerkugel war ungewöhnlich lange; Herschel, der die Erscheinung erst gewahr ward, als die Kugel sich schon in mehrere kleine zertheilt hatte, sah sie 40 bis 45 Secunden und zuletzt fast in demselben Puncte des Himmels still stehend, als sie ihrer Entfernung halber den Meisten schon unsichtbar geworden war. Sie mochte also ihren ganzen Weg von 200 Meilen in 1 Minute zurücklegen.

Die Höhe der am 8. März 1798 in Genf, Lausanne und Chambery beobachteten Feuerkugel, die auch in hellglänzende Funken sich zertheilte, konnte nach Prevost's Berechnung aus ziemlich mittelmäfsigen Beobachtungen nicht viel über 6 Lieues betragen. Die Feuerkugel am 23. Oct. 1805 zeichnete sich durch die sehr lange Dauer ihres Schweifes aus.

Digitized by Google

Die Dauer der Feuerkugel selbst, die übrigens nicht zu n ungemein grofsen gehörte, setzt SCHRÖTER auf 3 bis 4 Senden[1], aber nach dem Verschwinden blieb ein heller Lichteif sichtbar, von welchem SCHRÖTER sagt, er habe sich mehre Minuten lang in gerader verticaler Linie völlig fest stehend zeigt; demnächst aber habe er angefangen, eine veränderliche ellenförmige Linie zu bilden, welche immer stärker gekrümmt urde; nach etlichen Minuten Zeit habe der Schweif, als ob i sanfter Windzug ihn gegen Süden fortdrängte, etwas unterlb seiner Mitte, eine fast halbrunde, mit der convexen Seite ch Süden gerichtete Beugung angenommen, welche mit der ncaven Seite η des Hercules in sich schlofs[2]. Diese Beung dehnte sich immer weiter nach Süden aus, nach 7 Miten war sie einem S, nachher einer 2 ähnlich; selbst nach 15 inuten war noch etwas von dem Lichtstreifen, noch weiter ich Süden gerückt, zu erkennen. Da meine eigene Beobachng, so viel ich mich erinnern kann, noch nirgend bekannt macht ist, so sey es mir erlaubt, ihr hier einen Platz zu gen, so wie ich sie damals niedergeschrieben habe. Gegen Uhr [nach SCHRÖTER war es $7^h\ 14'$] beobachtete ich in kwarden 6 Meilen nördlich von Oldenburg eine leuchtende scheinung, wie ein matt glänzendes Wölkchen, unter dem opfe des Ophiuchus; das Ganze bildet einen 2 förmigen Strein, der langsam gegen den Poniatowski'schen Stier fortrückte. er hellste Theil stand nahe über σ des Ophiuchus. Die Erheinung verlor ihr Licht sehr langsam und noch nach 15 Minuten aubte ich schwache Spuren davon zu bemerken. Der hellste heil, der aber jetzt matter glänzte, als vorhin der schwächste heil, stand zwischen p und o des Poniatowski'schen Stiers d ein sehr matter Streif zog sich gekrümmt nach α des Ophiuus zu. Als ich das Phänomen zuerst sah, war es den gehnlichen zurückbleibenden Schweifen der Sternschnuppen nlich; der helle Fleck aber, der oberhalb σ etwas seitwärts ch $\varkappa$ i zu stand, unterschied sich davon. Nach meiner und HRÖTER's Beobachtung, indem ich den wenig von σ entnten von mir beobachteten Punct als den Endpunct ansehe,

---

1 Gilb. XXIII. 107.

2 Diese Angabe ist gewifs ein Druckfehler, denn η Herc. steht weit nördlich, dafs er unmöglich gemeint seyn kann.

verschwand diese kleine Feuerkugel senkrecht über der Provi Gröningen in einer Höhe von 6 Meilen, wobei freilich die U sicherheit erheblich ist, da ich nicht den eigentlichen Ort d Verschwindens gesehen hatte. Die Düsseldorfer Beobachtun (die nicht von Benzenberg selbst angestellt worden) ist offenb nicht genau genug, um darauf eine Berechnung zu gründen[1].

Das am 14. Dec. 1807 Morgens in Connecticut gesehe Meteor war im Allgemeinen den oben beschriebenen ähnlic es war kaum halb so groſs im Durchmesser als der Mond, u hatte einen Schweif, dessen Länge dem 10 bis 12 malig Durchmesser der Kugel gleich war. Ein Beobachter in West in dessen Zenith ungefähr das Meteor verschwand, giebt daſs das Verschwinden nicht ganz plötzlich statt fand, sond ein zwar schnelles, aber doch durch merkliche Unterschie fortschreitendes Abnehmen des Lichtes beobachtet wurde. D ganze Erscheinung dauerte etwa 30 Secunden und 30 bis Secunden nachher hörte man einen heftigen Knall, dem n eine Reihe schwächerer Detonationen folgte. Das Phänom war dem Monde so ähnlich, daſs eine Dame, die es geseh hatte, sagt, ihr erster Gedanke bei dieser Erscheinung sey ge sen, wo denn der Mond so schnell hin wolle. Ein ande Beobachter bemerkt, das Verschwinden sey mit drei hefti Bewegungen, wie Sprüngen, begleitet gewesen, bei jedem das Licht schwächer geworden, und beim dritten ganz verschw den. Die Berechnung von Bowditch zeigt, daſs das Met sich ziemlich parallel mit der Erdoberfläche in einer Höhe 4 deutschen Meilen fortbewegte; es durchlief ein von Nor nach Süden gerichtete, wenig nach Westen abweichenden W mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in jeder Secunde.

Bei dem Erscheinen dieses Meteors fiel eine Masse, 225 Pfunde wog, aus der Luft, und nach Bowditch's M nung konnte dieses doch nur der unbedeutendste Theil Meteors seyn, dessen Durchmesser nach den Angaben, die am kleinsten geben, gegen 500 Fuſs betragen muſste[2].

---

1 Ich hatte meine Beobachtung in der Hoffnung, auch die n herigen Aenderungen der Stellung des Schweifs zu berechnen, ge niedergeschrieben; aber ich habe keine andere dazu zureiche Beobachtung gefunden.

2 Astronomische Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bohn berger. I. 137.

Digitized by Google

Am 15. Juni 1821 sah man bei dem Herabfallen eines Me-steines von 220 Pfunden in der Nähe von Juvenas, nicht t von Viviers eine Feuerkugel. Obgleich es um 3 Uhr Nach-ags war, so sahen dennoch einige Beobachter die Erschei-g glänzend genug, um sie als Feuerkugel anzuerkennen, auch der Knall, von welchem die Erscheinung begleitet :, stimmte ganz mit dem überein, was man bei Feuerkugeln bachtet hat. Diese Feuerkugel liefs auf der durchlaufenen n einen grauen Dunst zurück, der wie ein langes Band mit schwachen Zickzacks am Rande erschien, eine Art von ıch, welcher die Farbe der Wolken hatte, und in so völliger he war, dafs man ihn noch nach 10 Minuten wahrnahm, ne dafs er seine Stelle und Gestalt merklich änderte. Da es ler Sonnenschein war, so kann man sich leicht denken, dafs so matt leuchtender Schweif, wie wir ihn aus den nächtli-en Beobachtungen kennen, wohl als blofse Wolke erschei-n konnte.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen geben hinreichend , wie die Feuerkugeln sich gewöhnlich zeigen. Bei einigen, B. bei der am 12. Nov. 1799, hat man ein Entstehen aus h durchkreuzenden Lichtstrahlen beobachtet, und noch auf-ender mufs ein ähnliches Hervorgehen einer Anfangs kleinen, hher bedeutend grofs werdenden Feuerkugel aus Feuerstreifen i der am 23. Aug. 1812 gewesen seyn. Andere Feuerkugeln einen aus einer wolkenähnlichen Erscheinung entstanden zu n doch so dafs man diese Wolken nicht mit gewöhnlichen olken für einerlei halten konnte [1].

Endlich mufs ich doch auch noch erwähnen, dafs man zur it von Stürmen und ungewöhnlich tiefem Barometerstande hrmals Feuerkugeln gesehen hat, unter denen mir aber keine annt ist, die genau genug beobachtet wäre, um ihre Höhe t Sicherheit bestimmen zu können, so dafs es zweifelhaft ibt, ob diese Feuerkugeln mit den vorigen ganz einerlei d [2].

---

1 Chladni über Feuermeteore und über die mit denselben her-gefallenen Massen. Wien, 1819. wo man alle Nachrichten von uerkugeln gesammelt findet.

2 Brandes de repentinis variationibus in pressione aëris obser-tis. p. 41.

Meinungen über die Natur dieser Metec

Die älteren Meinungen, daſs die aus der Erde aufstei den schweflichen Dünste sich entzünden und die Erschei der Feuerkugeln darbieten, verdient kaum noch angeführ werden. Auch die Meinung, daſs die Feuerkugeln elektri Funken, oder daſs sie Entzündung brennbarer Luft sind, h zu wenig für sich, um bei ihnen zu verweilen; denn obg es möglich wäre, daſs unter den vielen leuchtenden Erschei gen, die wir über uns sehen, einige, den Feuerkugeln äl che, elektrischen Ursprungs wären, so kann dieses doc die, welche über ganze Länder, hundert Meilen weit fortzi gewiſs nicht passen.

Die Meinung, daſs diese Meteore im Weltraume sc bende Massen sind, denen die Erde in ihrem Laufe un Sonne begegnet, hat zwar Halley schon ausgesprochen, Chladni hat dennoch das Verdienst[1] diese wenig beac und ganz vergessene Meinung, zu einer Zeit, wo man sie lachte, mit guten Gründen vertheidigt zu haben, und obg auch durch sie nicht alle Umstände erklärt werden, so h doch durch das in neuern Zeiten genauer beobachtete Hera len der Meteorsteine, welches mit dem Erscheinen von F kugeln verbunden war, eine solche Bestätigung erhalten, der Hauptumstand, nämlich, daſs die Feuerkugeln nicht au Erde entstehen, sondern aus fremden, in unsere Atmos eintretenden Massen, die hier leuchtend werden und nach i Erlöschen Meteorsteine (zuweilen auch andere Massen) he fallen lassen, kaum noch bezweifelt werden kann. Scho mals zeigte Chladni, daſs man mit Unrecht so manche gu glaubigte Nachrichten von herabgefallenen Steinen in Zw ziehe, daſs die Umstände, unter welchen sie herabgefallen sollten, das gleichzeitige Erscheinen von Feuerkugeln u. s so übereinstimmend sind, daſs schon darin ein Beglaubigu grund liege, daſs die Entfernung der Feuerkugeln von der und ihre groſse Geschwindigkeit mit allen andern Erklärung Widerspruch stehe, und dagegen begreiflich werde, wenn annehme, sie bewegten sich, gleichsam als kleine Weltkö

---

1 Chladni über die von Pallas gefundene und andere äh Eisenmassen. Riga, 1794.

Digitized by Google

ı Raume fort und würden von der Erde angezogen, wenn sie nen nahe genug kommt.

Die Entstehung der ungemeinen Hitze, wodurch diese örper glühend, schmelzend, ja wohl gar in Dämpfe verwanlt werden, ist freilich noch immer schwer zu erklären. Denn enn gleich, wie Chladni in seinem neuern Werke bemerkt, n mit so ungemeiner Geschwindigkeit in unsere Atmosphäre ntretender Körper eine starke Compression der Luft und darch sehr groſse Erhitzung bewirken kann, wenn gleich durch ese Compression selbst da wo die Luft schon ziemlich dünne t, genug Sauerstoffgas, um dieses Brennen und Leuchten zu nterhalten, auf die Masse einwirken kann, so muſs man doch estehen, daſs, nach unsern sonstigen Begriffen von der Atnosphäre, dieses da nicht wohl statt finden kann, wo fast gar eine Luft vorhanden ist, und daſs dennoch in so groſsen Höhen euerkugeln und Sternschnuppen sichtbar werden. Doch dieer Umstand und mehrere andere sind nicht als Einwürfe gegen hladni anzusehen, da jede andere Hypothese uns hier eben o wenig Aufschluſs giebt. Woher es kommt, daſs jene Masen in den glänzenden Zustand versetzt, und so heftig erhitzt erden, wissen wir noch gar nicht; aber das Ansehen der gann Erscheinung läſst schlieſsen, daſs die Masse, wenn sie sich s Feuerkugel zeigt, flüssig ist, und Dämpfe, oft als Rauch us der Kugel hervorbrechend, entwickelt. Ein solcher Rauch heint auch der dunklere Theil des Schweifs zu seyn, und sein Iervorbrechen an einer bestimmten Stelle kann wohl die Richng der Bewegung mit bestimmen; denn wenn die Kugel mit ämpfen gefüllt, überall den Druck dieser elastischen Masse idet, nur an der Seite nicht, wo die Dämpfe hervorbrechen, muſs durch die Rückwirkung die Kugel nach der entgegensetzten Seite fortgehen. Daher scheint es auch zu kommen, ſs die Feuerkugel nach einer Explosion, wobei sie nicht ganz trümmert wird, ihre Richtung ändert, indem vermuthlich r Dampfstrom dann an einer andern Stelle der Oberfläche herrbricht, und eben dadurch die Kugel nach einer andern Richng zurücktreibt. So möchte ich (theils den Beobachtungen geäſs, wo z. B. bei der Feuerkugel 1783 Explosion und geänerte Richtung gleichzeitig eintraten, theils auch auf allgemeine rincipien gestützt) auch die zuweilen angegebene sprungweise eänderte Bewegung der Feuerkugeln lieber erklären, als nach

Chladni's Ansicht aus der Compression der Luft, welche Zurückstofsen bewirkte; denn dieses Zurückstofsen scheint mit den Bewegungsgesetzen eines nach allen Seiten freien Fl unvereinbar zu seyn [1].

Zu den Gründen, welche gegen den irdischen Urspr der Feuerkugeln und Sternschnuppen sprechen, kommt auch noch die aus den neuesten Beobachtungen der St schnuppen sehr klar hervorgehende Ueberzeugung [2], dafs in ihrer relativen Bewegung gegen die Erde der Einfluſs eigenen Bewegung der Erde verrathe, so dafs unter den St schnuppen wenigstens, viel mehrere zu seyn scheinen, die relativ der eigenen Bewegung der Erde entgegen, als ihr ge bewegen. Es wäre wohl der Mühe werth, auch auf die Fe kugeln diese Untersuchung auszudehnen und die vollkomn Berechnung über die wahre Bewegung der Feuerkugeln Sternschnuppen im Raume, ganz durchzuführen, indem aus der bekannten Bewegung der Erde und der relativen wegung dieser Meteore die absolute Bewegung der letztern leitete. Das daraus hervorgehende Resultat würde dann fre doch noch durch die Anziehungskraft der Erde modificirt s aber einige Folgerungen, vorzüglich über die eigenthüml Geschwindigkeit, mit welcher die Masse des Meteors sich, b sie der Erde so nahe war, fortbewegte, würden sich wohl ergeben. Grofs mufs diese Geschwindigkeit seyn, z. B. die, welche unter einem bedeutenden Winkel von Richtung der Erde abweichen, dennoch sehr schnell über Erde fortziehen und also aufser jener Bewegung, mit welche die Erde begleiten, auch noch eine auf diese Richtung s rechte Geschwindigkeit besitzen. Wenn diese Körper an Erde vorbei gehen, so müssen sie vorzüglich dann lange si bar bleiben, wenn entweder ihre Bewegung mit der Bewe der Erde gleich schnell und nach derselben Richtung ge ist, oder wenn wenigstens die aus ihrer wahren Bewe durch Zerlegung der Geschwindigkeit hervorgehende, mit Bewegung der Erde parallele Geschwindigkeit der Geschwin keit der Erde beinahe gleich ist. Ein solcher die Erde

1 Vergl. Muncke in Schweigg. Journ. XXV. 20.

2 Brandes Unterhalt. für Freunde der Physik und Astron 1stes Heft. S. 58.

Digitized by Google

t lang begleitender, fast immer aber doch noch relativ ge- sie schnell fortrückender Körper, mufs offenbar sich der Erde h mehr nähern und alle die Einwirkungen, die hier statt fin- können, vollkommener erleiden.

Dieser wichtigen Gründe für den kosmischen Ursprung der erkugeln ungeachtet, haben doch auch neuerlich noch einige siker den irdischen Ursprung dieser Meteore vertheidigt. ter diesen nenne ich hier vorzüglich Egen[1], dessen Gründe, ern sie hierher gehören[2], vorzüglich folgende sind. 1. Die ſse Entfernung dieser Meteore von der Erde sey meistens unsichern Beobachtungen abgeleitet. Dieser Einwurf hat nig Kraft; denn wenn man auch bei der einen und bei der lern Feuerkugel es zweifelhaft machen kann, ob die Höhe auf eine Meile genau sey, so hieſse es doch gegen alle Wahr- einlichkeit streiten, wenn man sagen wollte, bei so vielen änomenen habe sich allemal eine zu groſse Höhe ergeben. d diese Behauptung erscheint um so grundloser, da selbst die iten Gegenden, in welchen ein solches Phänomen sichtbar wesen ist, Zeugnifs für seine ungemeine Höhe geben, und Beobachtungen der Sternschnuppen jetzt sich ebenfalls als e ungemeine Höhe bekräftigend zeigen. 2. Die Bahn der teore scheine immer den Bedingungen der von der Erde aus vorfenen Körpern gemäſs zu seyn. Wenn die Wurfbewegung n der Oberfläche der Erde ausgegangen ist, sagt Egen, so die Projection der Wurflinie nothwendig ein gröſster Kreis, d dafs diese bei den Feuerkugeln davon verschieden sey, er- lle wenigstens nicht aus den Beobachtungen. Hier ist nun tlich zu bemerken, dafs bei kurzen Bahnen, und vollends minder genauer Beobachtung wohl die Abweichungen vom ſsten Kreise leicht unbemerkt bleiben konnten; zweitens s der Weg der Feuerkugeln aber auch wirklich nicht immer en gröſsten Kreis als Projection dargeboten hat, wie das Bei- el der Feuerkugel vom 18. Aug. 1783 zeigt, die von ihrer htung abwich, als die Explosion statt gefunden hatte; aber ttens ist auch der theoretische Satz selbst nicht genau rich- , indem, wenn eine mit elastischen Stoffen gefüllte Kugel

---

1 Gilb. LXXII. 376.

2 Die aus den Bestandtheilen der Meteormassen hergenommenen ünde lasse ich hier aus den Augen.

zuerst nach einer bestimmten Richtung fortgeht, gewifs bei Zerspringen die Bahnen der einzelnen Theilchen, selbst auf d Erdfläche projicirt, ganz ungleich ausfallen.

Einen wichtigern Einwurf könnte man aus dem nach d Verschwinden dieser Meteore übrig bleibenden Schweife h nehmen, der gewöhnlich gar nicht fortzurücken pflegt oder w nigstens nicht so schnell fortrückt, als es die eigene Bewegu der Erde fordert. Wenn eine Sternschnuppe in 10 Meilen Hö nahe bei meinem Zenith verschwindet und der Schweif ble auch nur 2 bis 3 Secunden sichtbar, so sollte er mir, wenn ich i der bewegten Erde an ihm vorbei eile, viele Grade weit un den Sternen fortzurücken scheinen, was keineswegs der Fall : Ein Schweif, der so wie am 23. Oct. 1805 oder am 11. D 1741 eine Viertelstunde lang dauerte, müfste, weil die E sich unterdefs um Tausende von Meilen von ihm entfern längst unsichtbar geworden seyn, und man sieht daher, d diese Schweife die Erde begleiten. Es erhellet aus dieser g fsen Verschiedenheit zwischen der schnell fortziehenden Feu kugel und dem stillstehenden Schweife, dafs man dem letzt eine ganz andere Beschaffenheit als der erstern beilegen m Der Schweif begleitet die Erde und mufs daher sich in ein umgebenden Medio befinden, das dicht genug ist, diese v muthlich ungemein dünne Materie mit fortzuführen, und haben also Hoffnung, durch Beobachtungen auszumitteln, ' hoch hinauf noch eine dazu hinreichend dichte Materie vorh den ist. Die eigene Bewegung der Schweife, die nur sel und nie in erheblichem Mafse statt findet, scheint von zwei v schiedenen Ursachen abzuhängen, nämlich von einem gerin Zurückbleiben hinter der Erde, und von kleinen Explosion der vielleicht im Schweife noch übrigen dichtern Theilch Das langsame Fortrücken gegen Süden, welches der Schweif 23. Oct. 1805 zeigte, und das doch immer einige Meilen bet gen mochte, konnte nach der damaligen Richtung der Erde w so erscheinen, wenn der Schweif sich ein wenig langsamer die Erde bewegte, aber hätte freilich in einer einzigen Secu mehr betragen müssen, als es in 15 Minuten betrug, wenn Schweif ohne alle Bewegung gewesen wäre, oder die Erde nicht begleitet hätte. Eine wichtigere Ursache der Veränder des Schweifes scheint aber in kleinen Explosionen zu liegen, einen Theil des Schweifes eben so, wie früher einzelne Th

Digitized by Google

er Kugel, nach einer Seite hin stofsen; indefs sind damit die eugungen des ganzen Schweifs nicht zu erklären, wenn sie so ie bei einer von mir beobachteten Sternschnuppe[1] als ein alläliges Zusammenkrümmen des ganzen Schweifs erscheinen.

Viel Unerklärliches also bleibt noch immer hier übrig, und nftige Beobachtungen können uns noch viele Belehrung geihren. Zu diesem Unerklärlichen gehört auch der, oft erst hrere Minuten nach dem Zerspringen gehörte Knall, von welem es ganz unglaublich scheinen würde, dafs er sich durch in 6 oder 8 Meilen Höhe so ungemein verdünnte Luft stark ung fortpflanzen könnte, wenn nicht zahlreiche Erfahrungen gten, dafs es dennoch wirklich so sey.

Obgleich aber die Frage, ob die Feuerkugeln irdischen Urrungs sind, hiernach wohl verneinend entschieden zu seyn heint, so könnte man nun doch ihren Ursprung noch näher stimmen wollen, und hat deshalb gefragt, ob sie vom Monde uns herüber geworfen seyn könnten. Unmöglich wäre das ar nicht, aber theils macht die grofse Zahl der auf die Erde enden Meteorsteine dieses unwahrscheinlich, theils auch der stand, dafs nur die unter sehr bestimmtem Winkel vom nde ausgeworfenen Körper die Erde erreichen könnten, und st daher nicht glaublich, dafs sie von dort ihren Ursprung en[2].

Aber wenn gleich die Feuerkugeln, aus denen feste Massen die Erde herabfallen, nicht ursprünglich der Erde angehören, st es doch noch zweifelhaft, ob gerade alle Feuerkugeln und schnuppen ganz einerlei Natur haben. Vorzüglich verte es eine eigene Untersuchung, wozu es noch an hinreiden Beobachtungen fehlt, ob die Feuerkugeln, die bei gro-Revolutionen in der untern Atmosphäre gesehen sind, in en Höhen entstehen, wie die, von welchen die oben anrten Beobachtungen Nachricht geben. Da doch schwerlich Feuerkugeln Ursachen der Stürme und tiefen Barometere seyn könne, so mufs man vielmehr wohl annehmen, dafs ben den Ursachen ihr Entstehen verdanken, welche jene he in der untern Luft hervorbringen; dann aber sind diese

---

Versuche die Entfernung, Geschwindigkeit und Bahnen der chnuppen zu bestimmen, von Benzenberg und Brandes S. 35.

Gilb. XIV. 38.

Feuerkugeln irdischen Ursprungs. — Doch es ist noch zu fr darüber etwas Entscheidendes zu sagen. Auch darüber, Feuerkugeln eine Aenderung der Temperatur in der untern mosphäre bewirkt haben, wage ich nichts zu behaupten, gleich Chladni Beispiele, wo gröfsere Wärme gefolgt anführt.

Dafs Ritter's Behauptungen über ihre dem magneti Meridian parallele Richtung über gewisse Perioden, wo sie figer erscheinen u. dgl. ohne Grund sind, hat Chladni[1] hinreichend gezeigt.

Von den heruntergefallenen Massen wird der Art. *Me steine* Nachricht geben, die Nachrichten von einzelnen Fe kugeln hier aufzuführen, habe ich für unnöthig gehalten, man in Chladni's oben erwähntem Werke alles hierher G rige gesammelt findet. *B.*

Feuerzeug.

Es giebt der Feuerzeuge gar viele und von mancherlei keines derselben ist seinem Wesen nach auf andere als phy lische Principien gegründet und somit für den Physiker ohne Interesse oder ihm in der Hauptsache fremd; allein noch würde eine Aufzählung und Beschreibung derselben so unfruchtbar als ermüdend seyn, und aufserdem werd selbst nebst den Grundsätzen, wonach sie construirt sind, legentlich erwähnt werden. Nur zwei derselben verdienen genauere Beschreibung, nämlich das sogenannte *chemisch* das *pneumatische*, indem das elektrische Feuerzeug (gew cher elektrische Lampe, Zündlampe genannt) und die Döbereiner erfundene Abänderung dieses Apparates, bei chem die Entzündung des Wasserstoffgases durch Platinschw geschieht, an andern geeigneten Orten beschrieben w sollen.

A. Chemisches Feuerzeug.

Hierunter versteht man denjenigen Apparat, bei wel eine schnelle Entzündung mit Flamme durch die chemische setzung des chlorsauren Kali's durch Schwefelsäure er wird. Das Ganze besteht daher meistens aus einem Käst

1 Chladni über Feuermeteore. S. 66.

Digitized by Google

on verschiedener willkürlicher Gestalt, worin sich ein kleines efäfs mit etwas Schwefelsäure befindet, und zugleich die klei- :n Schwefelhölzchen aufbewahrt werden können, welche man ırch Eintauchen in die Schwefelsäure entzündet. Jenes Gefäfs : meistens ein kleines Gläschen, welches mit einem geeigne- ı Stöpsel verschlossen wird, damit die Schwefelsäure nicht viel Wasser aus der Luft anzieht, womit sie sich wegen :er starken Affinität zu demselben begierig verbindet, dadurch er zur Erzeugung einer Entzündung unbrauchbar wird. Die hwefelsäure ist ferner sehr ätzend, und richtet daher leicht haden an, wenn sie verschüttet wird, auch pflegt das Ent- nden der Schwefelhölzchen durch dieselbe mit einigem Kni- :rn verbunden zu seyn, wodurch leicht kleine Quantitäten :selben umhergespritzt werden, wenn sie in zu grofser Menge ı die Schwefelhölzchen gebracht wird. Um dieses zu vermei- :n und da es nur einer sehr geringen Quantität derselben zur ıtzündung der Schwefelhölzchen bedarf, pflegt man etwas ge- schenen Kiessand, ungleich besser aber etwas Asbest auf den den der Gläschen zu bringen, damit hierdurch die Schwefel- ıre aufgesogen werde, und nur eine geringe Quantität dersel- ı an die Hölzchen übergehe. Durch längeren Gebrauch wird : Schwefelsäure theils verbraucht, zuweilen zieht sie aber rch wiederholtes Eröffnen des Gläschens und hierdurch be- ıkten freien Zutritt der feuchten Luft zu vieles Wasser an, lches sie für die Folge untauglich macht. Im ersteren Falle nichts weiter erforderlich, als wieder einige Tropfen Säure zuzugiefsen, im letzteren aber thut man wohl, die wässerige issigkeit erst aus dem Gläschen zu tröpfeln, auch einige ıwefelsäure nachzuschütten, damit diese das überflüssige Wasser orbire, diese wässerige Säure wieder abzugiefsen, und eine inge Quantität frischer Säure wieder in das Gläschen zu brin- ı. Dafs man hierbei wegen der starken ätzenden Eigenschaft Schwefelsäure mit gehöriger Vorsicht verfahren müsse, um ı und die umliegenden Gegenstände gegen Verletzungen zu hern, versteht sich von selbst.

Die *Zündhölzchen*, welche gegenwärtig in grofser Menge rikmäfsig verfertigt werden, sind gewöhnliche Schwefel- zchen mit der durch Zutritt der Schwefelsäure sich entzün- ıden Mischung am einen Ende. Diese Mischung besteht in : Hauptsache aus chlorsaurem Kali und Schwefelblumen, wel-

Digitized by Google

che gemengt und durch irgend ein Bindemittel an den End der Hölzchen festgeklebt wird. Die gewöhnlichen Angab für diese Mischung sind 60 Th. chlorsaures Kali, 14 Th. Schw felblumen, 14 Th. Benzoeharz, etwas weniges Traganthschle und Zinnober; oder 30 Th. chlorsaures Kali, 10 Th. Schwe 8 Th. Zucker, 5 Th. arabischer Gummi und etwas Zinnobe Diejenige Mischung, welche zu den gewöhnlichen, fabrikmäſ gut bereiteten, Hölzchen genommen wird, besteht aus 30 Schwefelblumen, 4 Th. Zinnober, 4 Th. arabischem Gum 3 Th. Gummi Traganth, 3 Th. Kolophonium, jedes fein ge ben, dann gemengt und abermals gerieben, dann 21 Th. geriebenes chlorsaures Kali zugesetzt, gut gemengt, mit we gem Wasser zu einem dicken Brei gerührt, jedes Schwefelhö chen mit demjenigen Ende, woran der Schwefel festsitzt, die Masse eingetaucht und getrocknet[2]. Sobald das chlorsa Kali zugesetzt ist, darf das Gemenge nur im feuchten Zusta gerieben werden, weil sonst leicht eine höchst gefährliche plosion entstehen kann. Die Ursache der Entzündung li darin, daſs die Schwefelsäure das chlorsaure Kali durch hef chemische Einwirkung in Chloroxyd, saures schwefelsaures und oxydirtchlorsaures Kali zerlegt, wobei das sich entwick Chloroxyd die damit verbundenen brennbaren Körper des menges entzündet[3]. Diese Entzündung theilt sich dann d Schwefel der Hölzchen und zuletzt diesen selbst mit, weswe man diese Zündhölzchen zuerst als gemeine Schwefelhölzc verfertigt, und dann eine geringe Quantität der zündenden S stanz an den Schwefel bringt.

B. Pneumatisches Feuerzeug.

Das pneumatische Feuerzeug (briquet pneumatiq auch *Tachopyrion* genannt, hat seinen Namen davon, daſs Compression der Luft die Entzündung der leicht feuerfangen Körper in demselben bewirkt. Ueber die Ursache des gan Phänomens und die dasselbe begleitenden Umstände war nur im Anfange zweifelhaft; gegenwärtig ist es durch ge gende Thatsachen erwiesen, daſs die durch Compression

1 Gmelin's Handb. d. Chemie 3te Aufl. I. S. 558.

2 Dingler polytechnisches Journ. XVIII. 121.

3 Gmelin a. a. O.

Digitized by Google

ıſt frei werdende Wärme aus dieser letzteren ausgeschieden
rd, und zugleich Ursache des Entzündens leicht verbrennli-
r Körper ist. Diesemnach ist denn auch das pneumatische
ıerzeug nichts anders als eine geeignete Compressionspumpe,
einer Vorrichtung, um den Zündschwamm in denjenigen
m zu bringen, in welchem die Luft plötzlich und stark
ammengedrückt wird. Daſs die Compression recht schnell
chehen müsse, wenn der Versuch gelingen soll, folgt schon
us nothwendig, weil sonst die erzeugte Wärme den umge-
den dichteren Körpern mitgetheilt wird, und somit auf die
ht entzündbaren Körper keine Wirkung äuſsern kann. An-
s bediente man sich der gewöhnlichen Compressionspumpen
die Windbüchsen, bald nachher aber, als die Sache wegen
r Neuheit Aufsehen und Beifall erhielt, verfertigte man klei-
etwa 3 Z. lange und 0,3 Z. im Durchmesser haltende mes-
ge Feuerzeuge, welche zum Behuf des Entzündens von
dschwamm in der Tasche getragen wurden oder auch in
Spatzierstöcken enthalten waren. Der an einem eisernen
e befestigte Embolus ist hierhei nur 6 bis 9 Lin. lang, hat
seiner obern Fläche ein krummgebogenes eisernes Häkchen,
hes etwa 0,75 Lin. von jener Fläche absteht und zur Befe-
ng des Zündschwammes dient, zugleich aber berührt der
g hineingestoſsene Embolus die untere Fläche des hohlen
ngnen Cylinders nicht, sondern nähert sich demselben nur
uf den Abstand von etwa 1 bis 2 Lin., damit der entzündete
amm nicht durch die Berührung des metallenen Bodens
er erlöschen möge. Beim Gebrauche dieses Apparates ist
ber nicht bloſs erforderlich, den Embolus schnell hineinzu-
n, sondern man muſs ihn auch mit gröſster Geschwindig-
wieder zurückziehen, damit der glühende Schwamm nicht
enige, in dem engen Raume befindliche Sauerstoffgas ver-
und wieder erlösche. Zum Gelingen des Versuches ist
ch keineswegs ein so genaues Schlieſsen des Embolus er-
rlich, daſs keine Luft neben demselben entweiche, viel-
wird die Entzündung dennoch erfolgen, wenn auch die
dem Stoſse in dem Raume befindliche Luft keinen hohen
der Dichtigkeit mehr besitzt, unter der Voraussetzung,
nur die Compression selbst schnell genug geschieht. Ob-
ı die Entzündung des Schwammes vermittelst dieses Werk-
s mit groſser Sicherheit erfolgt, so hat die praktische An-

Digitized by Google

wendung desselben doch in so fern etwas wider sich, als
jederzeit einen kräftigen Stofs anwenden, und dabei das
Ende des Feuerzeuges auf einen harten Gegenstand, etwa
Tisch, einen Stein u. dgl. stützen mufs, um hinlänglichen
derstand zu finden[1]. Diese kleine, durch den Reiz der N
heit früher sehr allgemein verbreiteten Tachopyrien sind
bald wieder aus der Mode gekommen, beweisen indefs den w
tigen Satz, dafs zur Entzündung des Schwammes eine so
bedeutende Compression der Luft gar nicht erforderlich ist,
dem bei der geringen Länge jener kleinen Werkzeuge der R
in welchem der Schwamm entzündet wird, keine in einem
hen Grade vielfach verdichtete Luft enthalten kann. Wir
len des Beispiels wegen annehmen, der Raum zwischen
Embolus und dem Boden des messingnen Cylinders betrage
und dieser sey am Ende des Stofses so weit vermindert,
sich der Schwamm noch in einem Raume von 2 Lin. befu
habe, so war die Verdichtung der Luft, wenn man keinen T
derselben als entwichen annimmt, nicht mehr als die acht
fache, welche in der Wirklichkeit aber leicht auf $\frac{2}{3}$ also auf
zwölffache herabgesetzt werden kann.

Diejenigen Tachopyrien, welche gegenwärtig mit R
als unentbehrliche Apparate der physikalischen Cabinette
sehen werden, sind zuerst von Dümoutiez in Paris verferti
Sie bestehen aus einem gläsernen Cylinder, welches Ma
jener Künstler deswegen wählte, weil man begierig war,
Fig. bei der Compression sich zeigenden Nebel und die damit
41. verbundene Lichtentwickelung zu sehen. Der hohle gl
Cylinder aa ist 8 bis 10 Zoll lang, 2 bis 3 Lin. im Lichten
und von etwa 2 bis 3 Lin. Glasesdicke, wobei sich von
versteht, dafs diese Mafse nur die mittleren sind, und hier

1 Newmarch in Glocestershire hat vor Kurzem Schiefsge
mit kleinen Tachopyrien versehen, um das Pulver durch blofse
pression der Luft zu entzünden. Bei diesen liegt eine kurze Co
sionspumpe im Flintenkolben, deren Stempel durch eine star
spannte Spiralfeder fortgestofsen wird, und die comprimirte L
einen engen, mit der Pulverkammer communicirenden Canal
um das Pulver zu entzünden. S. Lond. Journ. of Arts 1826.
p. 72. Die Erfindung wird aber keinen Beifall finden, weil sich
ergiebt, dafs sie in vielfacher Hinsicht nicht zweckmäfsig ist.

2 Vergl. G. XXV. 118.

Digitized by Google

ie feste Norm besteht. Der Cylinder wird vermittelst einer fernen Regel mit Schmirgel warm ausgeschliffen, um genau ndrisch zu seyn, bei welcher Operation schlecht gekühltes s leicht zu zerspringen pflegt, dann wird er oben mit einer singnen Fassung und dem buxbaumenen Knopfe b völlig dicht verschlossen, jedoch meistens so, dafs man den Knopf chrauben, und somit auch das obere Ende öffnen kann, und untern Ende wird gleichfalls eine messingne Fassung ange- cht. Der Embolus ist 1,25 bis 1,5 Zoll lang, mit Leder rzogen und geölt, endigt oben in einen messingnen Ring so, s eine Vertiefung entsteht, in welche ein Stück Schwamm racht werden kann, und damit dieser den Boden des Cylin- s beim Hineinstofsen des Embolus nicht berührt, ist in der essingnen Fassung des hölzernen Griffes bei c c ein Stück Kork gebracht, welches den etwaigen Stofs gegen das Ende des ylinders minder hart macht. Auch bei diesem Apparate ist m Gelingen des Versuches keineswegs erforderlich, dafs der nbolus absolut schliefse, und keine Luft entweichen lasse, elmehr habe ich mehrere Tachopyrien versucht, bei denen ich n Embolus ohne grofse Anstrengung bis auf den Boden des Cy- iders drücken konnte, und dennoch erfolgt die Entzündung fehlbar, wenn der Stofs nur rasch genug vollführt wird.

Die physikalischen Gesetze, worauf das pneumatische euerzeug gegründet ist, können hier nicht erörtert werden, in- em sie mit der ganz allgemein stattfindenden Entbindung der Värme durch Compression innigst verwebt sind[1], und es bleibt aher nur noch übrig, die Geschichte der Erfindung desselben ad die wichtigsten damit beobachteten Erscheinungen näher an- egeben. Man wufste schon längst, namentlich aus Dalton's ersuchen, dafs durch Compression der atmosphärischen Luft Värme erzeugt werde, allein nicht auf diesem Wege, sondern chst wahrscheinlich durch blofsen Zufall ist die Entdeckung es Tachopyrion gemacht. Ein Arbeiter in der Gewehrfabrik zu tienne en Forez scheint nämlich die Wärme wahrgenommen u haben, welche die in der gemeinen Ladungspumpe einer Vindbüchse comprimirte Luft hergiebt, und hat wahrschein- ich auf diese Weise zuerst den Zündschwamm zum Brennen ge-

---

1 S. *Wärme, Erzeugung derselben durch Compression.*

Digitized by Google

bracht[1]. Mollet, Prof. der Physik in Lyon, lernte di scheinung kennen, und theilte die Nachricht darüber nach mit[2], wo die Sache grofses Aufsehen erregte, und der Charles vom Institute veranlafst wurde, sie näher zu p Inzwischen glaubte man anfangs, die in einer Windbüchse primirte und dann explodirende Luft bewirke die Entzün welches aber durch die Versuche nicht bestätigt wurde, un war daher in Paris geneigt, die ganze Angabe für ungegr zu halten, bis ein Augenzeuge, welcher die Versuch Mollet gesehen hatte, sie wiederholte, und dadurch die tige Ansicht derselben herbeiführte. Von nun an wurde Entdeckung sowohl in Frankreich, als auch in Deutschlan kannt[3], und man wiederholte sehr allgemein diese interes Versuche. Der erste, welcher sich in Deutschland dami schäftigte, und die Resultate seiner Versuche bekannt m war Erman[4]. Ihm gelang die Entzündung des Zündsch mes, wenn er ihn oben in die fest verschlossene Oeffnung gemeinen Compressionspumpe der Windbüchse brachte, vollkommen, wenn er die Luft nur etwa auf das Zwölffach dichtete, weil er aber zugleich gefunden zu haben glaubte andern Substanzen keine bedeutende Temperaturerhöhung getheilt werde, wenn er sie statt des Schwammes in d Raum brachte, und er selbst das leichtflüssige Rose'sche nicht zum Schmelzen bringen konnte, so leitete er das En den des Schwammes von einer Reibung der Luft an den f Fasern des Schwammes und einer hiermit verbundenen sammendrückung und Biegung derselben ab, wogegen aber gleich anfangs Wrede erklärte[5]. Eine lange bei den sikern herrschende Ansicht war, dafs durch Compressio Luft das Sauerstoffgas ausgeschieden werde, und die Entzün bewirke, worauf auch der Umstand hindeutete, dafs durch che Gasarten, worin sich jenes Gas nicht befand, keine En dung hervorgebracht werden kann; inzwischen ist gegenw genugsam erwiesen, dafs auch diese allerdings durch Verdic

1 J. d. Ph. LXII. 256.
2 Ebend. LVIII. 487.
3 Izarn Lithologie atmosphérique. Par. 1803. 8.
4 G. XVIII. 240.
5 G. XVIII. 406.

Digitized by Google

hergeben, wobei die nicht erfolgende Entzündung aus Gründen leicht erklärbar ist.

eit genügendere Resultate erhielt Gilbert[1] mit einer für diesen Zweck verfertigten eisernen Compressions- Es gelang ihm hiermit nicht bloſs den Schwamm zu len, sondern auch das Rose'sche Metall zu schmelzen, olle allein oder mit Kolophonium, Schwefelblumen und ulver bestreuet, oder mit Terpentinöl und Schwefeläther , Leinwand und Papierschnitzeln zu verkohlen, und in isten Fällen aus dem entstandenen Rauche zu folgern, wirkliches Brennen statt gefunden haben muſste. Hier- ib sich nun evident, daſs die Ursache der Erhitzung nicht Compression oder Biegung der festen Körper, auch nicht r Reibung der Luft an diesen oder an den festen Wän- r Compressionspumpe und eben so wenig in einer Rei- les Embolus an den letzteren liegen könne, sondern daſs irme einzig und allein aus der comprimirten Luft selbst hieden seyn muſste. Gleich entscheidende Versuche wur- h in Paris angestellt, unter denen die von Biot die um- lsten und wichtigsten sind. Dieser Physiker lieſs sich serne Compressionspumpe expreſs hierfür verfertigen, und it einer dicken Spiegelglasplatte bedecken, konnte indeſs htschein, welchen er bei der Compression der atmosphä- Luft erwartete und in andern Versuchen wahrgenom- ben wollte, wahrscheinlich der schnellen Bewegung hal- ht sehen. Sehr interessant dagegen war es, daſs er die hete Entzündung des Knallgases durch bloſse Zusammen- ng in diesem Apparate bewerkstelligte, wobei aber in den ersten Versuchen die Glasscheibe zerschlagen und in ei- lritten selbst die Pumpe zerrissen wurde[2].

uch nach Biot's Ansicht, welche seitdem aus hinreichen- ünden allgemein angenommen ist, wird die bei den ge- n Versuchen frei werdende Wärme zunächst bloſs aus der h verdichteten Luft ausgeschieden, indem der aus den nengedrückten festen Körpern hinzukommende Antheil als eutend vernachlässigt werden kann. Seitdem sind die Ver- mit dem pneumatischen Feuerzeuge zwar noch oft wieder-

---

Annalen XVIII. 407.

Ann. de Chim. LIII. 321.

holt, allein es ist nichts Neues durch dieselben mehr aufgefun den. Als die bedeutendsten unter diesen verdienen etwa d von LE BOUVIER-DESMORTIER genannt zu werden, welch fand, daſs die Entzündung nicht erfolgte, wenn das obere En des Feuerzeuges nicht luftdicht schloſs, wohl aber dann, we der Embolus Luft neben sich entweichen lieſs. Letzteres i jetzt allgemein bekannt, denn es giebt wohl kaum ein solch Werkzeug, welches bei dem erforderlichen heftigen Stoſse ni einen geringeren oder gröſseren, oft einen bedeutenden, Anth der Luft entweichen lieſse. Merkwürdig bleibt es aber denno daſs LE BOUVIER-DESMORTIER in den Embolus der Lä nach zuerst einen, dann zwei, dann drei und endlich gar Reifen von 0,25 Lin. Tiefe einschneiden lieſs, und denn erfolgte die Entzündung des Schwammes, hörte aber auf, alle vier Reifen ihrer Gröſse nach in einen einzigen verein wurden[1].

Setzen wir zuvörderst die Richtigkeit jener oberen und d ser letzteren Behauptung voraus, welche auf den ersten B mit einander unverträglich scheinen, so ist die Erklärung von ner schwieriger als von dieser. Es folgt nämlich aus pneu tischen Gesetzen, daſs eine gewisse Zeit erfordert wird, bis auf der obern Fläche des Embolus ruhende Luftschicht a den Oeffnungen am Rande desselben abflieſst, und man k sich daher auf gewisse Weise vorstellen, daſs zunächst nur in der ganzen Länge des hohlen Cylinders befindlichen L säulen, deren Basis auf den Oeffnungen im Embolus ruhet, der Bewegung des letzteren entweichen, während die in Mitte desselben aufliegende Luftsäule zusammengepreſst w und die Entzündung des Schwammes bewirkt, welches um leichter geschehen kann, als oben angegebenen Erfahrung nach kaum eine zwölffache Verdichtung der Luft hierzu er dert wird. Die hierbei angenommenen Voraussetzungen s zwar nicht strenge richtig, allein doch genähert; eine Berech nung aber, wie stark die Verdichtung bei einer gegebenen W des Cylinders und der Einschnitte in den Embolus, desgleich einer bestimmten Geschwindigkeit der Comprimirung sey, wü wegen der zunehmend vermehrten Dichtigkeit auf gröſs Schwierigkeiten führen, als die Aufgabe werth ist. Daſs al

---

1 G. XXX. 263 ff. Vergl. XXXIII. 228 ff.

Digitized by Google

r in einen einzigen vereinten Einschnitte, wenn anders ım dieses letzteren der Summme jener ersteren genau äqui- war, keine weitere Entzündung des Schwammes zuließsen, darin seinen Grund haben, daſs die kleineren Reifen in f allen Fall elastischen Embolus durch den Gegendruck andungen des Cylinders noch mehr zusammengedrückt , und somit als sehr enge Canäle der durchströmenden einen gröſseren Widerstand entgegensetzten, als ein ein- eiter Canal, eine Erklärung, welche auch Le Bouvier-rtier von der Erscheinung gegeben hat. Ungleich riger ist es, die Ursache aufzufinden, warum die Ent- ıg des Schwammes nicht statt findet, wenn das Feuerzeug ıicht genügend verschlossen ist, vorausgesetzt daſs die ıtät der dort entweichenden Luft nicht gröſser ist als die- , welche neben dem Embolus oder durch die Reifen in lben ausströmt. Die einzige Erklärung, welche mir unter gegebenen Bedingung als möglich erscheint, ist folgende. das obere Ende des Cylinders genau verschlossen ist, so er zu entzündende Schwamm entweder nahe unter dem- oder über dem beweglichen Embolus angebracht seyn, vird er sich in einer an Dichtigkeit zunehmenden Luft en, und zwar im ersteren Falle noch mehr als im letzteren, die entweichende Luftmenge nicht über die nothwendige e hinausgeht. Entweicht dagegen Luft neben dem ver- senden Knopfe, und befindet sich der Schwamm dicht demselben, so wird gerade in seiner Umgebung eine stete sion der Luft durch ihr der Stärke der Compression propor- s Entweichen stattfinden, welches die Wirkungen der Zu- ndrückung mindestens zum Theil wieder aufhebt. Ist er Schwamm über dem Embolus oder in einer Höhlung im ı Theile desselben befestigt, so ist der Embolus das Be- , und die zunächst über ihm befindliche Luftschicht wird ärksten comprimirt seyn, weil doch allezeit einige, wenn sehr kurze Zeit erforderlich ist, bis die beginnende und ortgesetzter Bewegung des Embolus stets wachsende Dich- t sich der in der ganzen Länge des Cylinders befindlichen ule mittheilt. Wenn nun Luft neben dem oberen ver- ſsenden Knopfe der Compressionspumpe entweichen kann, ird bei zunehmender Verdichtung der Luft das Maximum Dichtigkeit über der Oberfläche des Embolus, das Mini-

mum unter dem verschliefsenden Knopfe seyn, und kan bei stets dauernder Expansion derselben keine Entzündun zeugt werden, wo sich auch immer der Schwamm befinder

Man bemerkt allezeit oder mindestens oft einen Licht und einen bedeutend dichten Dunst im pneumatischen I zeuge, war aber nicht allezeit über die Ursache dieser Er nung einig, indem Le Bouvier-Desmortier sogar den für ausgeschiedenen Wärmestoff halten wollte. Wenn ma berücksichtigt, was für eine bedeutende Wärme durc schnelle Compression der Luft frei wird, so muss es als wendig erscheinen, dafs eine hinlängliche Menge des vorhandenen Oeles oder selbst vom Leder des Kolbens in verwandelt wird, welcher durch augenblicklich erfolgen kühlung als Dunst zum Vorschein kommt. Ist aufserdem schwamm oder ein sonstiger leicht feuerfangender Kör Feuerzeuge befindlich, so entsteht allezeit eine mehr ode der vollständige Verbrennung; woraus der Dunst oder liche Rauch nur zu leicht erklärbar wird. Das wahrg mene Licht aber ist entweder ein eigentlicher Funken entsteht im Momente des Erglühens des Schwammes, c ist ein blofser Lichtschein, welchen man am leichtesten nem schwachen Glühen des gebildeten Dampfes erkläre für eine Art Phosphorescenz halten könnte. Letzteres für einige Fälle alsdann angenommen werden, wenn es g det ist, dafs nach Dessaigne's Versuchen[1] auch schn stark comprimirtes Wasser nicht blofs Wärme frei macht nicht zu zweifeln ist), sondern auch einen schwachen schein wahrnehmen läfst. Einige Physiker haben diese entwickelung, so wie alle Erscheinungen, welche das pyrion darbietet, mit dem bekannten Windbüchsenli Verbindung bringen wollen, allein von diesem letzteren immer etwas räthselhaften, Phänomene wird noch be gehandelt werden. L

Filtriren.

Seihen, Durchseihen; *Filtratio*, *Colatio*; tration; *Filtration*.

---

1 J. de Phys. LXXIII. 41.

Digitized by Google

Das *Filtriren*, auch die *Filtrirung*, *Durchseihung* ge-
t, bezeichnet den Act des langsamen Durchlaufens, Durch-
ens der Flüssigkeiten durch schwammige, poröse und
re Körper, wobei die den Flüssigkeiten mechanisch beige-
ten Substanzen durch den Widerstand, welchen die nahe
einander liegenden Theile des Filtrirungsapparates ihnen
gensetzen, zurückgehalten werden, die Flüssigkeiten selbst
durch die feinen Zwischenräume dringen, und daher in der
l hell und gereinigt wieder zum Vorschein kommen. Sol-
Substanzen aber, welche mit den Flüssigkeiten chemisch
nden oder auch nur vollständig von ihnen aufgelöst sind,
en durch ein Filtrum nicht abgeschieden werden. Im All-
inen dient daher das Filtriren dazu, trübe Flüssigkeiten von
mechanisch beigemengten Körpern zu trennen, sie reiner
heller zu machen; in vielen Fällen aber, wenn die locke-
filtrirenden Körper zum Theil aus Substanzen bestehen oder
solchen gemengt sind, welche von den durch sie dringen-
Flüssigkeiten aufgelöst werden, so nehmen diese von jenen
grössere oder geringere Menge auf, und können sonach un-
er seyn als sie vor dem Filtriren waren; meistens sind sie
r hell, zuweilen aber werden sie durch unreine Filtrirungs-
tanzen selbst trübe.

Um die Uebersicht der verschiedenen Filtrirungsprocesse
rleichtern und von den sehr mannigfaltigen Arten derselben
wichtigsten hervorzuheben, lassen sie sich am besten in *na-
che* und *künstliche* abtheilen. Die in der Natur vorkom-
den Filtrirungen sind höchst zahlreich, und bestehen haupt-
lich im Durchdringen des atmosphärischen Wassers durch
l und lockeres Erdreich. Nur in zwei Arten von Erschei-
gen verdient indess dieser Process vorzügliche Beachtung,
lich zuerst bei der Bildung der Quellen und alsdann bei der
tehung des Tropfsteinwassers. Beide sind zwar ganz eigent-
Filtrirungen, welche noch ausserdem das Eigenthümliche
n, dass in beiden Fällen das reine Wasser eine grössere
geringere Menge Stoffe aus der filtrirenden Substanz auf-
mt und dadurch verunreinigt wird; weil aber jeder dieser
esse eine besondere Erläuterung verdient[1], so können sie
nur im Allgemeinen erwähnt werden.

---

[1] S. *Quellen und Tropfstein.*

Ausnehmend zahlreich und mannigfaltig sind die *künstlich* Filtrirungen. Unter diese Classe gehören diejenigen Proces welche in der Oekonomie, Technologie und vorzüglich d Chemie in großer Zahl und unter den verschiedensten Modi cationen vorkommen, im Allgemeinen aber, hauptsächlich l den beiden ersteren Arten, sämmtlich darauf hinauslaufen, d man entweder feste Substanzen von einem mit ihnen vereini ten flüssigen Mittel zu scheiden sucht, oder eine mit unaufg lösten Stoffen verbundene Flüssigkeit von diesen zu trenn beabsichtigt, oder endlich einen Extract aus verschieden meistens pulverisirten Körpern zu erhalten verlangt, wobei Filtrirungsapparat häufig die *Real'sche Extractions - Press*[1] (gewandt zu werden pflegt. Häufig wird hierbei die eine getrennten Substanzen, entweder die Flüssigkeit oder der rü bleibende feste Körper, als unbrauchbar weggeworfen, in m chen Fällen werden sie aber beide benutzt. Unter die öko mischen Filtrirungsprocesse gehört z. B. das Durchseihen Milch, das Abscheiden der Molken von den käsigen Thei die gewöhnliche Filtrirung des Kaffee's u. dgl. m. Die bei te nischen Processen und in Fabriken vorkommenden Filtrirun sind meistens bestimmten Regeln unterworfen, welche l nicht erwähnt werden können, und daher mögen des Beisp wegen nur genannt werden das Absondern der Bierwürze den Trestern, die Reinigung der verschiedenen Laugen von beigemengten heterogenen Theilen u. dgl. Die *Filtra (Dur seiher, Seiher)*, deren man sich in diesen Fällen bedient, s oft bloße leinene Tücher; Filze, dickere oder dünnere woll Zeuge, feine Geflechte von Pferdehaaren (Haarsiebe), se fein durchlöcherte Bleche und zuweilen nur Strohmatten o Strohwische, welche letzteren vor den Abflußlöchern aus breitet werden. Man wählt dann nach dem jedesmaligen dürfnisse sowohl den Stoff als auch die Gestalt, wendet aber Großen meistens spitz zulaufende Beutel (*Filtrirsäcke; man Hippocratis*) oder viereckige, in den vier Winkeln eines l zernen Rahmens, des *Tenakels*, ausgespannte Tücher an. diese Tücher wird dann auch wohl Fließpapier gelegt, welc wegen seines dichteren Gefüges und seiner die Flüssigkeiten e saugenden Eigenschaft zu diesem Behufe am meisten geeignet

---

1 S. *Presse, hydrostatische.*

Digitized by Google

Bei weitem am häufigsten kommt das Filtriren bei *pharma-utischen* und *chemischen* Processen vor. Hierbei ist haupt-chlich zu beobachten, 1. dafs das Filtrum von der zu filtri-nden Flüssigkeit nicht zerstört werde, 2. dafs keine Bestand-eile von jenem in diese übergehen; 3. dafs die Flüssigkeit rch das Filtrum dringe. Hiernach sind wollene Zeuge und aues Fliefspapier für alkalische Laugen nicht geeignet, wohl er ungeleimtes Druckpapier und leinene oder auch baumwol-ne Zeuge; starke Säuren aber können nur durch gewaschenen inen Quarzsand oder pulverisirtes Glas filtrirt werden. In bei eitem den meisten Fällen bedient man sich des ungeleimten uckpapiers, welches zu diesem Zwecke vorzüglich geeignet ist, legt dasselbe kegelförmig zusammen, oder legt es von der Mitte is in eine Menge nach oben an Breite zunehmende Falten, stellt in einen aus Holzstäbchen oder Glasröhrchen verfertigten kegel-förmigen Filtrirkorb, oder gewöhnlicher in einen gläsernen Trich-r, in welchen man zugleich einige feine Stäbchen von Glas er Holz oder Stroh- und Gras-Hälmchen stellt, damit das rchseihen nicht durch zu nahes Anliegen an die Wandungen s Trichters erschwert werde, welches übrigens bei einem gut lteten Filtro nicht nöthig ist [1].

Die Filtra werden zu gar vielfachen Zwecken gebraucht, z. zum *Auslaugen*, *Aussüfsen* u. dgl., hauptsächlich aber bei den *alysen*, um die in den Flüssigkeiten aufgelöseten Substanzen den in ihnen unlösbaren zu scheiden. Ist es hierbei blofs die Flüssigkeit und die in ihr enthaltenen Substanzen zu n, so wird das Filtrum unbeachtet weggeworfen. Selten ist es aber der Fall, sondern meistens verlangt man nicht blofs Flüssigkeit von den in ihr enthaltenen unaufgelöseten Sub-zen zu trennen, sondern ist dabei zugleich auch genöthigt, Quantität beider nach Mafs und Gewicht zu bestimmen. In Regel aber bleiben Theile der festen Stoffe am Filtro hän-, und wenn die Quantitäten dann geringe sind, so erschwert es eine genaue Gewichtsbestimmung. Um die letztere zu lten, wendet der Chemiker verschiedene, hier nicht sämmt-zu erwähnende Mittel an, unter denen eins der gewöhn-sten ist, das hygroskopisch wirkende Filtrum vorher auf einen

---

1 Vergl. Encyclopédie methodique III. 163. Klaproth und Wolf nisches Wörterbuch I. 683.

Digitized by Google

bestimmten Grad der Wärme, z. B. die des siedenden Wass zu erheben, zu wiegen, nachher durch einen gleichen Hitzeg wieder auf gleiche Weise auszutrocknen, und die Quantität adhärirenden Theile durch die Zunahme des Gewichts zu stimmen.

Jüngsthin hat DONOVAN[1] einen Filtrir-Apparat angegel vermittelst dessen während der Operation des Filtrirens der tritt der äufseren Luft abgehalten wird, für diejenigen Fälle denen Bestandtheile aus derselben sich mit der zu filtriren Substanz verbinden könnten. Die ganze Einrichtung ist aus Fig. 42. Figur leicht erkennbar. Es ist nämlich a b der Trichter, di dessen etwas weite Oeffnung das Filtrum oder die das Filtr bewirkende Substanz eingebracht, und er selbst dann mit de filtrirenden Flüssigkeit angefüllt wird. Das untere Ende des ben ist in das Gefäfs c eingeschmirgelt, und damit die in die enthaltene Luft das Ablaufen der Flüssigkeit nicht hindere seitwärts die gebogene Röhre g angebracht, in deren Oeffn die zweimal rechtwinklich gebogene Röhre eingeschmi ist, deren anderes Ende mit einem gleichfalls eingeschmirgt hohlen Glasstöpsel die obere Oeffnung des Trichters verschli Leichter und wohlfeiler wählt man eine blofse zweimal gebo Glasröhre, und steckt deren Enden durch hohle Korksto womit man zugleich die beiden angegebenen Oeffnungen dicht verschliefst. Hiernach steigt also die in dem Gefäf comprimirte Luft durch das Rohr wieder über die Flüssigkei Trichter, so dafs in beiden Räumen Luft von gleicher Dich keit enthalten ist, und das Herabfliefsen der schwereren trop ren Flüssigkeit nicht gehindert wird. Hebt man die Röhre in die Höhe, so kann man neue Flüssigkeit in den Tri nachgiefsen. Ganz unnütz, noch weniger aber zweckw construirt kann dieser Apparat nicht genannt werden, inde nicht blofs das Verdampfen der Flüssigkeit hindert, sondern besondere auch manche stark hygroskopisch wirkende Flüssig ten gegen die Aufnahme der Feuchtigkeit aus der atmospl schen Luft schützt. Vermittelst desselben lassen sich daher concentrirte Säuren leicht filtriren, in welchem Falle das un Ende des Trichters ganz unten mit gröberen, weiter herauf mit zunehmend feineren Stücken zerstofsenen Glases angefüllt w

---

1 Ann. of Phil. N. S. XI. 115.

Digitized by Google

Vorzüglich hat man sich häufig bemühet, durch die Processe
iltrirens trübes Wasser reiner, klarer und somit angenehmer
bar zu machen. Dafs völlig in demselben aufgelösete Sub-
en, namentlich Salze, auf diese Weise nicht aus ihm ge-
den werden können, man daher nicht vermögend ist, das
asser hierdurch trinkbar zu machen, entdeckte man bald,
liefs sich dieses auch aus theoretischen Gründen erwarten,
aber lassen sich die verunreinigenden und trübenden Sub-
en hierdurch abscheiden. Weil eine solche Filtrirung in
Regel im Grofsen geschehen mufs, und keine bedeutende
n verursachen darf, so ahmt man hierbei am besten die na-
hen Filtrationen nach, und läfst das Wasser durch eine hin-
ich dicke Lage Sand laufen, welche leicht durch eine neue
zt werden kann. Allein das trübe Wasser hat in der Regel
ische und vegetabilische Stoffe aufgelöset, welche ihm einen
rlichen Geschmack geben, der Gesundheit nachtheilig sind,
durch eine solche einfache Filtrirung nicht abgeschieden
len können; dennoch aber liegt gar viel daran, hiergegen ein
l zu finden, da manche Gegenden kein anderes als auf sol-
Weise verunreinigtes Wasser haben. Als daher Lowitz
ntiseptische oder fäulnifszerstörende Eigenschaft der frischen
kohle entdeckt hatte, benutzte man diese Substanz zu dem
nnten Zwecke. Lowitz selbst wandte $\frac{1}{12}$ des Gewichtes
h ausgeglühete und pulverisirte Holzkohle an, mischte das
ine Wasser damit und filtrirte es dann, oder er liefs dasselbe
h die festgestampften pulverisirten Kohlen filtriren[1]. Es er-
t sich indefs bald, dafs dieses Mittel zwar genügend, aber
rofsen zugleich mühsam und kostspielig ist. Nachher ent-
te er, dafs ein Zusatz von Schwefelsäure die reinigende
t der Kohlen bedeutend verstärke, indem 24 Tropfen Schwe-
ure zu 6 gros Kohlenpulver getröpfelt die Kraft des letzte-
so sehr erhöheten, dafs es nur $\frac{1}{69}$ desselben dem Gewichte
bedurfte, um dem Wasser seinen faulen Geschmack zu
nen. Aber auch dieses Mittel ist wegen seiner Kostbarkeit
Weitläuftigkeit nicht in Anwendung gekommen, aufser in
sogenannten unveränderlichen Filtrirapparaten, welche noch
kurze Erwähnung verdienen.

---

1 Nov. Act. Pet. VI. Hist. p. 63. Ebend. X. 187. und ein ausführ-
er Nachtrag ebend. XV. 326. Vergl. Ann. de Chim. XVIII. 88.

Im Anfange dieses Jahrhunderts nämlich machten Smi
Cuchet und Montfort in Paris die von ihnen erfunde
Wasserreinigungsmaschinen unter dem pomphaften Namen
unveränderlichen Filtrir-Apparate (filtres inalterabl
filtres depuratoires, fontaines filtrantes) bekannt,
zeigten auch durch einige angestellte Versuche die unglaubli
Kraft derselben, indem höchst unreines, stinkendes und
modernden thierischen Stoffen gesättigtes Wasser oder We
geist in die Maschine gegossen wurden, und ganz rein,
und trinkbar abliefen. Wegen dieser Wirkungen und unter
Voraussetzung, dass die Apparate diese ihre Kraft unveränd
lich beibehalten würden, schafften sich viele dieselben an,
geachtet ihrer Kostbarkeit. Als sie aber von einigen Sach
nern aus einander genommen und näher untersucht wurden,
gab sich bald, dass sie ganz nach dem *Lowitz'schen Prin*
construirt waren, und daher auf die Eigenschaft der Unver
derlichkeit durchaus keinen Anspruch machen konnten. Sie
standen nämlich aus einer Lage Badeschwamm, um die g
sten Unreinigkeiten zurück zu halten, und unter dieser aus
wechselnden Schichten von Sand und Kohlenpulver, wo
der erstere die feineren verunreinigenden Stoffe mechanisch
rück hielt, letzteres aber die eigentliche Zerstörung dersel
bewirkte. Es ergab sich sonach eben so klar aus theoretis
Gründen als aus genauen prüfenden Versuchen einer eig
hierzu vereinigten Commission, dass sie ungeachtet ihrer
fänglichen auffallenden Wirkungen ihre Kraft bald verli
mussten, weil die Badeschwämme verstopft und die Ko
allmälig mit den verunreinigenden Substanzen gesättigt wurd
In einigen, etwas längere Zeit wirksamen Maschinen wu
auch ausser den angegebenen Schichten abwechselnde
Braunstein und Sand gefunden, indem der Braunstein
stark antiseptisch wirkt, aber wegen leicht möglicher und schw
controlirender Verunreinigung mit nachtheiligen Substanzen
Pfaff[2] verworfen werden muss. Uebrigens war die Einr
tung dieser Maschinen, welche auch an verschiedenen an

---

1 Ann. de Chim. LI. 36. Scherer's allg. Journ. d. Chem. X. Gehlen's neues allg. Journ. d. Chem. IV. 449. G. XIII. 103. XXI.

2 Ueber einfache und wohlfeile Wasserreinigungsmaschinen. 1813. S. 7.

Digitized by Google

en, namentlich durch Dr. Pinçon in Hamburg nachgemacht den, im Allgemeinen dieselbe, mit dem bedeutenden Unhiede, daſs in den meisten das Wasser von oben durch die chiedenen läuternden Schichten dringt und unten abgezapft l, bei einigen aber zur Erreichung eines gröſseren Effectes st durch eine Reihe von Schichten herabsinkt, und dann h eine zweite wieder hinauf getrieben wird, um über deren abgelassen zu werden, oder umgekehrt.

Die gerügten Mängel der beschriebenen Filtrirapparate und hoher Preis bewirkten, daſs sie des anfänglich von ihnen achten Aufhebens ungeachtet bald wieder in Vergessenheit ethen, und an den meisten Orten sind sie auch schlechthin flüssig, weil man nicht leicht Grund hat, faules Wasser kbar zu machen, und sie daher hauptsächlich nur als physische Merkwürdigkeit einigen Werth haben konnten. In solen Gegenden übrigens, wo die Natur des Bodens nur moriges l trübes Wasser darbietet, z. B. in marschlandigen und torfchen Districten, ist die Reinigung des Wassers im Groſsen bst aus Rücksichten auf die Gesundheit ein dringendes Berfniſs. Eine Maschine, womit sich dieses einfach, bequem l ohne groſse Kosten erreichen läſst, hat C. H. Pfaff[1] ausrlich beschrieben, und sie ist um so mehr zu empfehlen, als h ihre Brauchbarkeit durch die Erfahrung bestätigt hat. Der ze, in beliebiger Gröſse nach dem jedesmaligen Bedürfnisse zuführende Apparat besteht aus drei Stücken, welche am ten getrennt werden, sich aber leicht aus einander nehmen sen, der Dauerhaftigkeit wegen von Eichenholz, zur Veridung eigener Fäulniſs inwendig leicht verkohlt und zur grören Haltbarkeit mit eisernen Bändern beschlagen seyn müs-. Es ist dann A ein gewöhnlicher Eimer, welcher oben mit em Deckel zu gröſserer Reinlichkeit verschlossen seyn kann, ten aber auf einem Brete feststeht, wodurch zugleich das Einngen des Staubes verhütet wird. In diesen wird das zu filtride Wasser gefüllt, und läuft in sehr feinen Strahlen oder bst nur tropfenweise durch drei in der Mitte dicht neben einder im Boden befindliche Löcher, welche durch gemeine Baschwämme verstopft sind. Unter diesem Gefäſse befindet h die eigentliche Filtrirtonne, eine gewöhnliche Tonne, wel- Fig. 43.

1 a. a. O.

indeſs wenigstens 2 F. hoch seyn muſs, damit der vom W
ser zu durchlaufende Weg nicht zu kurz werde. In d
oberen beweglichen Deckel befinden sich einige Löcher um
Mitte herum, damit das durch die Schwämme dringende Wa
durchflieſsen könne, dessen Quantität davon abhängt, ob
Schwämme im Boden des Gefäſses A, deren Zahl nach Be
den bei gröſserem Durchmesser des ganzen Apparates auch v
mehrt werden kann, fester oder loser eingedrückt sind.
Tonne hat zwei eiserne Handhaben, um sie bequem abhe
zu können, und ruhet vermittelst eines Bretes auf dem unte
Gefäſse C, welches zur Aufnahme des filtrirten Wassers
stimmt, zum Ablassen desselben mit einem Hahne verseh
und auf eine Unterlage gestellt ist, um das Wasser bequem
geeigneten Gefäſsen auffangen zu können.

Bei den einzelnen Theilen ist dann noch Folgendes zu
merken. Das wesentlichste Stück des ganzen Apparates ist
Fig. 44. eigentliche Filtrirtonne. Sie enthält zu oberst eine Lage Sa
welcher vorher geschlemmt und gewaschen seyn muſs, da
er keine lehmige und erdige Theile mehr enthält. Hierauf f
eine starke Lage Kohlen von der Gröſse einer Wallnuſs bis
der einer Erbse, so daſs die gröberen unten, die mittleren
der Mitte und die feinsten oben liegen. Sie können von je
Art Holz seyn, jedoch sind die glänzenden und klingenden
besten, auch müssen sie vorher gewaschen werden, bis sie
Wasser nicht mehr schwärzen. Vor allen Dingen hat man
hin zu sehen, daſs sie völlig ausgebrannt sind, und thut da
wohl, sie in bedeckten hessischen Tiegeln oder eisernen G
fäſsen unmittelbar vor dem Gebrauche auszuglühen, bis
durchaus keinen Rauch mehr geben [1]. Unter den Kohlen li

---

1 Da die Anlegung solcher Filtrirapparate in vielen sumpfi
Gegenden selbst auf dem platten Lande der Gesundheit wegen
dürfniſs werden kann, wo man indeſs keine erfahrne Techniker
trifft, so will ich hinzusetzen, daſs das Ausglühen der Kohlen,
einzige bei der Construction vorkommende ungewöhnliche Arbeit d
sehr leicht bewerkstelligt wird, indem die hessischen Tiegel aus je
Apotheke zu haben sind, und zum Behuf dieses Glühens beliebig
gebraucht werden können, wenn man sie nicht durch groſse Unv
sichtigkeit zerbricht. Bedeckt werden sie mit einem gewöhnlichen
denen, am besten an der inneren Seite nicht glasirten, Deckel, u
man thut wohl, diesem in der Mitte ein Loch zu geben, beim A

Digitized by Google

dritte und unterste Lage, welche aus groben, vorher gleich- rein ausgewaschenem Kiessande besteht, dessen Druck gegen den unteren, im Boden der Filtrirtonne befindlichen, Badeamm durch einen umgestürzten Topf verhindert wird. Dafs ich das durch die drei genannten Lagen filtrirte Wasser zudurch den im Boden befindlichen Schwamm in das untere, Aufbewahrungsbehälter dienende Gefäfs läuft, ist aus der hnung für sich klar.

Sollen diese Maschinen die gewünschten Dienste leisten, so ei ihnen die höchste Reinlichkeit erforderlich. Daher müsdie Schwämme von ihrem Gebrauche ausgekocht und in nen Wasser so lange ausgewaschen werden, bis das Wasaus ihnen klar abläuft. Ferner müssen das obere und untere äfs alle 8 bis 14 Tage ausgewaschen und gereinigt werden, dieses erstreckt sich auch auf die dann herauszunehmenden chwämme des oberen Eimers, auch ist es gut, wenn der ze Apparat auswärts mit Oelfarbe angestrichen ist. Die eitliche Filtrirtonne dagegen hat eine ungleich längere Dauer, em diese sich der Erfahrung nach auf 2 bis 2½ Jahre erstreckt, ne dafs das filtrirte Wasser eine Abnahme der Wirkungsfähigt zeigt; jedoch mufs die obere Sandlage alle drei Monate mit em Löffel abgenommen und erneuert werden. Indem man r viel reines Wasser zum Reinigen der Substanzen bei der rstellung des Apparates gebraucht, das Bedürfnifs desselben r in den heifsen Monaten am stärksten ist, weil dann das sser flacher Brunnen in solchen Gegenden leicht einen fauli- Geschmack annimmt, so kann die Herstellung oder Erneueg des Apparates in solchen Jahreszeiten vorgenommen wer-, in denen am meisten klares Wasser vorhanden ist. Ane Apparate, welche zur Reinigung des Wassers durch Filtrig vorgeschlagen sind, von dem beschriebenen aber in kein wesentlichen Stücke abweichen, übergehe ich der Kürze gen mit Stillschweigen.

---

en aber die zwischenbleibenden Fugen mit Lehm zu verstreichen, l diesen vorher trocknen zu lassen, um die etwa entstehenden se erst auszubessern. Endlich kann jeder Hafner einen inwendig ht glasirten Topf für diesen Zweck verfertigen, oder man kann ihn n Pfeifenthon herstellen lassen. Das Ausglühen der Kohlen geschieht ch dem Verhältnifs der Gröfse dieser Töpfe eine halbe bis eine nze Stunde in gewöhnlichem Kohlen- oder Torf-Feuer.

Nur eine kurze Erwähnung verdient noch der tragbare trirapparat, welchen Chenevix[1] vorgeschlagen hat, und welchem bloſs die Kohle zum Reinigen des Wassers dient. Ganze besteht aus einem cylindrischen Gefäſse von Weiſsbl unten mit einem sehr stumpfen Trichter. Oberhalb des let ren wird ein kreisrundes Blech eingelegt, dessen halbe Fl mit sehr feinen Löchern versehen ist. Ueber dieses Blech den zerstoſsene und gesiebte Kohlenstückchen von der G der Schieſspulverkörner gelegt, und mit einem ähnlichen Bl bedeckt, bei welchem gleichfalls nur die eine Hälfte mit nen Löchern versehen ist, über welchem dann ein Raum Eingieſsen des zu filtrirenden Wassers bleibt. Die durchlöc ten Hälften beider Bleche stehen einander in der Art gegen daſs eine jede der undurchlöcherten des anderen parallell wodurch also das Wasser genöthigt wird, durch die Löche oberen Bleches zu flieſsen, dann die Schicht des Kohlenpu in schräger Richtung zu durchdringen, und aus der un Oeffnung des Trichters abzulaufen. Ein diesem ähnlicher, Paul in Genf vorgeschlagener Filtrirapparat[2] benutzt bl Sand zum Reinigen des Wassers. Er besteht aus lauter ä chen in einander gesetzten Cylindern, deren mittelster mit erfüllt ist und zur Aufnahme und ersten Durchseihung Wassers dient. Das durchgelaufene Wasser steigt in dem S des zweiten Cylinders in die Höhe, gelangt an das obere des dritten Bechers, um in dem Sande desselben abermals abzusinken, und so fort nach der Zahl der in einander ste den Cylinder, worauf es zuletzt unten abläuft. Ist die dieser Cylinder etwas groſs, so wird der Apparat hierd stets weniger tragbar, dessen Construction übrigens ganz fach ist, auch könnte man leicht einige Lagen Sand mit l len vertauschen, um seine Kraft dadurch zu verstärken. zweckmäſsigsten für den ökonomischen Gebrauch bleibt i allezeit der von Pfaff angegebene, und deswegen auch führlicher beschriebene Apparat. *M.*

---

1 Bibl. Brit. XXXVI. 199.

2 Annales des Arts et Manufactures XLV. 326.

Finsternisse.

ɜrfinsterungen der Himmelskörper, *lipses*[1] s. *Defectus Solis vel Lunae;* Éclipses; *lipses.*

Der Mond sowohl als die Sonne werden zuweilen während am heiteren Himmel stehen, ganz oder zum Theil unsicht- oder verfinstert; diese Verfinsterungen heifsen *total*, wenn Himmelskörper nach seiner ganzen Gröfse unsern Augen leckt oder beschattet ist, *partial* dagegen, wenn noch ein eil des Himmelskörpers in seinem gewöhnlichen Lichte sicht- bleibt. Auch die Monde anderer Planeten, namentlich die iters-Monde, werden zuweilen auf ähnliche Weise verfinstert.

Mondfinsternisse.

Wenn der Mond ganz erleuchtet erscheint, beim Vollmonde, ieht man ihn zuweilen sein Licht nach und nach so verlie- als ob eine dunkle Scheibe von Osten gegen Westen vor rückte, ihn zuerst immer mehr verdeckte und dann, bei ihm eirückend, ihn wieder verliefse. Wir sagen dann, es sey *Mondfinsternifs*, *Eclipsis lunae*; Éclipse de la ıe; *Eclipse of the Moon.* Da die Mondfinsternisse dann statt finden, wenn es Vollmond ist, und überdies nur ler Zeit, da der Mond sehr genau der Sonne gegenüber t, so können wir über die Ursache dieser Erscheinung nicht e zweifelhaft seyn. Die Erde, als eine dunkle Kugel, mufs Zweifel nach der von der Sonne abwärts gekehrten Seite einen Schatten werfen, der, weil die Erde kleiner als die ıe ist, kegelförmig seyn, doch aber sich bis zu einer grö- Entfernung hin, als wo der Mond sich befindet, erstrecken ı. Geht der Mond durch diesen Schatten, so wird, so lange och nicht ganz in den Schatten getreten ist, der kreisför- Umrifs des Schattens sich auf der Oberfläche des Mondes en oder es wird sich die Erscheinung so darstellen, als ob dunkle Scheibe den Mond zum Theil bedeckte; je mehr Mond gegen den Mittelpunct des Schattens zurückt, desto r wird sich sein noch erleuchteter Theil verkleinern, und

---

1 Von ἐκλείπω, deficio.

Digitized by Google

dieser wird endlich ganz verschwinden, nach einiger Zeit ab wenn der Mond den Raum des Erdschattens durchlaufen h zeigt er sich an der andern Seite desselben wieder austrete und erscheint endlich wieder in vollem Lichte. Da der Mo sich schneller als die Sonne scheinbar unter den Sternen v Westen nach Osten fortbewegt, so erreicht seine Ostseite zu den Erdschatten und die dunkle Scheibe scheint daher von Os her vor ihm vorbei zu rücken.

Wenn der Mond bei seiner Bewegung um die Erde ge in der Ekliptik bliebe, so würde er bei jedem Vollmonde Sonne gerade gegenüber stehen, und der Schatten der E würde bei jedem Vollmonde auf ihn fallen; aber die Mondb ist gegen die Ekliptik geneigt und durchschneidet diese nu zwei einander gerade gegenüber liegenden Puncten, den *Kno der Mondbahn;* aus diesem Grunde geht der Mond beim Vo monde weit öfter neben dem Erdschatten vorbei, als er von de selben erreicht wird, und die meisten Vollmonde zeigen s uns ohne Verfinsterung. Nur dann, wenn der Vollmond n genug mit dem Eintritte in den Knoten zusammen trifft, o wenn der Mond beim Vollmonde nur sehr wenig von der Eklip entfernt steht, wird er verfinstert, und die Bestimmung derje gen Vollmonde, die eine Mondfinsternifs darbieten, hängt her davon ab, dafs man wisse, wo die Mondbahn die Eklip schneidet. Wenn diese Knoten, wie es im Jahre 1828 der F ist, im Stier und im Scorpion liegen, das heifst, in den Punc der Ekliptik, wo uns die Sonne gegen Ende des April's und October's erscheint, so können auch nur die Vollmonde ungefähr in diese Zeiten fallen, Mondfinsternisse darbiet Blieben die Mondknoten immerfort unveränderlich in denselb Puncten der Ekliptik, so würden die Mondfinsternisse stets in gewissen Jahreszeiten sich ereignen; da aber die Durc schnittspuncte der Mondbahn mit der Ekliptik in 18 Jahren b nahe durch den ganzen Umfang der Ekliptik fortrücken, so tr fen in verschiedenen Jahren die Mondfinsternisse in verschiede Jahreszeiten und nach bestimmten Perioden kommen sie wi der in dieselben Jahreszeiten.

Um für einen bestimmten Vollmond zu finden, ob d Mond verfinstert werde, mufs man den scheinbaren Durchme ser des Erdschattens in der Gegend, wo der Mond durch de selben, oder vielleicht an demselben vorbei geht, berechne

Digitized by Google

Mittelpunct des Erdschattens liegt allemal in der Ekliptik wenn zu der Zeit, da der Mittelpunct des Mondes sich dem ..lpuncte des Erdschattens am nächsten befindet, der Ab..l beider von einander mehr, als die Summe der scheinbaren ..messer beider beträgt, so geht der Mond unverfinstert an Erdschatten vorbei. Um zuerst den wahren Durchmesser Fig. 45. ..Erdschattens t r an dem Orte, wo der Mond durchgeht, zu ..n, hat man Folgendes zu berücksichtigen.

Wenn SCH die Linie durch der Erde und der Sonne Mit..nct ist, BTH beide Körper berührt, so sind die auf BH ..rechten Halbmesser beider Körper mit einander parallel und ..t

$$SH : CH = SB : CT$$

$$\text{oder} \quad CH = \frac{CS \,.\, CT}{SB - CT}.$$

.. sey die Bahn des Mondes, mr der Halbmesser des Erd..attens in der Gegend, wo der Mond sich befindet, so ist

$$mr : CT = Hm : CH,$$

$$\text{oder} \quad mr : CT = CH - Cm : CH,$$

$$\text{das ist} \quad mr = CT\left(1 - \frac{Cm}{CH}\right)$$

$$= CT - \frac{Cm \,.\, (SB - CT)}{CS}.$$

..Vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen, erscheint mr un..dem Winkel mCr, den man $= \frac{mr}{Cm}$ setzen kann, weil bei kleinen Winkeln, der Bogen mit der Tangente verwech..werden kann. Der scheinbare Halbmesser des Erdschat..s ist also $= \frac{CT}{Cm} - \frac{SB}{CS} + \frac{CT}{CS}$, und hier ist $\frac{CT}{Cm}$ der ..einbare Halbmesser der Erde vom Monde aus gesehen, $\frac{SB}{CS}$ scheinbare Halbmesser der Sonne von der Erde aus gesehen, .. $\frac{CT}{SC}$ der scheinbare Halbmesser der Erde von der Sonne aus ..ehen. Der scheinbare Halbmesser der Erde vom Monde aus ..ehen stimmt mit der Parallaxe des Mondes, der scheinbare ..lbmesser der Erde von der Sonne aus gesehen stimmt mit der ..rallaxe der Sonne überein, und es ist daher der scheinbare

Halbmesser des Erdschattens = der Summe der Parallax Sonne und Mond vermindert um den scheinbaren Halb der Sonne. Hieraus kann man die Grenze bestimmen grofs höchstens und wenigstens der Halbmesser des Erdsc erscheint; denn da die gröfste Mondparallaxe niemals reicht, die Sonnenparallaxe 9 Sec. ist und der kleinste s barę Durchmesser der Sonne (zur Zeit ihrer gröfsten Entfe 15′ 45″ beträgt, so ist der scheinbare Halbmesser des Erd tens nie über 62′ + 9″ — 15′. 45″ = 46′. 24″. also ni 46½ Min., und wenn dann des Mondes scheinbarer Ha ser = 16¾ Min. ist, so findet eine Verfinsterung erst statt der Mittelpunct des Mondes 63¼ Min. vom Mittelpun Erdschattens entfernt ist; 63¼ Min. Abstand des Mond der Ekliptik zur Zeit des Vollmondes ist die Grenze, wo Mondfinsternisse statt zu finden aufhören. Aber so gr scheint nicht immer der Erdschatten und der Mond, s wenn der Mond entfernter von der Erde ist, so mufs er ger von der Ekliptik entfernt seyn, wenn er noch ver werden soll, ja selbst wegen der ungleichen scheinbaren der Sonne, die bei der geringsten Entfernung von de 16′ 18″ Halbmesser hat, vermindert sich diese Grenze e nig für die Zeit der Sonnennähe.

Jene Zahl von ungefähr 64 Min., über welche hin Breite des Mondes zur Zeit des Vollmondes. wenn noc Mondfinsternifs statt finden soll, nicht gehen darf, zeig weit der Mond vom Knoten entfernt, noch zum Theil stert werden kann, nämlich wenn der Abstand vom Knot niger als 64′. Cotg. 5° oder weniger 12¼ Grad beträgt. kann es sich ereignen, dafs um die Zeit, da die Sonne s Knoten der Mondbahn befindet, keine Mondfinsternifs nämlich dann wenn die Sonne ungefähr mitten zwische Vollmonden den Knoten der Mondbahn erreicht, also die Zeit des nächsten Vollmondes schon um 15 Grade vor ten entfernt ist. Dieses wird sich noch leichter ereignen, der Vollmond mit der gröfsten Entfernung des Mondes v Erde zusammentrifft, indem dann die Summe der schei Halbmesser des Erdschattens und des Mondes bis auf 53′ gehen kann, und der Mond nicht über 10 Grade vom seyn darf, wenn eine Mondfinsternifs eintreten soll.

Wenn der Mond im Vollmonde nicht über 9¼ Grad

Digitized by Google

entfernt ist, so erfolgt gewiſs eine Mondfinsterniſs und
ıt nur partiell, wenn der kleinste Abstand des Monds-
ınctes vom Mittelpuncte des Erdschattens mehr als der
hied der scheinbaren Halbmesser des Mondes und des
ttens beträgt; daher treten totale Mondfinsternisse nur
nn die Breite des Mondes beim Vollmonde weniger als
beträgt, oder der Mond nicht über $5\frac{1}{4}$ Grad vom Kno-
ernt ist.

ːnn der Mond gerade durch die Mitte des Erdschattens
o ist er allemal eine ziemlich lange Zeit ganz verfinstert,
se totale Verfinsterung kann gegen 2 Stunden dauern;
lich ist sie bedeutend kürzer, weil selten der Vollmond
nahe mit dem Eintritte in den Knoten zusammentrifft.
e Berechnung einer Mondfinsterniſs beruht, wenn sie
lülfe schon berechneter Ephemeriden angestellt werden
ırauf, daſs man aus den Tafeln die wahren Orte des Mon-
d der Sonne berechne, daraus die Zeit des wahren Voll-
und das relative Fortrücken des Mondes in Beziehung
n Mittelpunct des Erdschattens bestimme. Hieraus er-
ich dann der Augenblick, wo beide Mittelpuncte so weit
nander abstehen, als die Summe der scheinbaren Halb-
des Erdschattens und des Mondes; und dieses ist der
lick des *Eintritts* in den Erdschatten vor dem Zeitpuncte
ıauen Opposition und der Augenblick des *Austritts* nach
ːitpuncte der genauen Opposition oder des wahren Voll-
. Eben so erhält man aus jenen Bestimmungen den
ıct, da der Abstand beider Mittelpuncte von einander
der Differenz jener Halbmesser ist, und damit den An-
ıd das Ende der totalen Verfinsterung. Wenn man schon
ıete Ephemeriden vor sich hat, so kann man, um die
ıde der Finsternisse zu übersehen, sich einer Zeichnung Fig.
ːn. Es stelle AB die Ekliptik vor, C den Ort, den der 46.
unct des Erdschattens einnimmt, CD den aus der Parall-
Mondes und der Sonne nebst dem Halbmesser der Sonne
ıeten Halbmesser des Erdschattens. Man nehme nun aus
ıhemeriden den Abstand des Mondes von der Opposition
le Viertelstunde kurz vor und kurz nach der Opposition,
liesen, so wie CE, CF, nach eben dem Maſsstabe, nach
ım der Erdschatten gezeichnet ist, auf, und nehme EG, FH
lesmal zugehörigen Breite des Mondes gleich, den Halb-

Digitized by Google

messer des Mondes aber zeichne man nach eben dem Maſsst wie die übrigen Gröſsen, so zeigt die Figur die Erscheinung Finsterniſs zu den verschiedenen Zeiten, wo sich der Mi punct des Mondes in G, H u. s. w. befindet. Wenn die Ze nung groſs und genau genug ausgeführt ist, so kann man Zeitpunct des Eintritts in den Schatten, des Austritts aus d selben, wenn des Mondes Mittelpunct in L ist, den Anfang totalen Verfinsterung, wo der Mittelpunct des Mondes in G und die innere Berührung in N statt findet u. s. w. daraus nehmen.

Die bisherigen Bestimmungen betreffen nur den eig chen *vollen Schatten* der Erde, aber um diesen befinde noch ein *Halbschatten*. Es ist nämlich leicht zu über Fig. 45. daſs in den kegelförmigen Raum HET, dem geradelinigen gange der Lichtstrahlen gemäſs, gar kein Sonnenlicht gel kann, daſs aber auch zwischen m und P keine volle Erleuch statt findet, indem die Erde hier noch einen Theil der S verdeckt; dieser Halbschatten wird durch die gerade l ATP begrenzt, welche Sonne und Erde berührt. Wegen ses Halbschattens erscheint der Erdschatten auf dem Mond ganz scharf begrenzt, sondern den dunkelsten Schatten um ein verwaschener Rand, welcher immer matter verdunkel je weiter man sich von dem eigentlichen Schatten ent Wegen dieses Halbschattens ist es nicht gut möglich, den Au blick, wann der Erdschatten einen bestimmten Fleck im M erreicht, strenge anzugeben. Wenn wir uns einen Beob auf dem Monde denken, so ist diesem die Sonne gänzlich finstert, oder er sieht eine totale Sonnenfinsterniſs, wenn e im vollen Schatten der Erde befindet; ist er dagegen im Halbschatten, so erscheint ihm die Erde so vor der Sonne, sie einen Theil derselben verdeckt.

Da die Mondfinsterniſs in einer wirklichen Beraubung Lichts besteht, so sehen alle die Bewohner der Erde, d der Mond sichtbar ist, den Anfang, das Ende und die ei nen bestimmten Umstände der Verfinsterung genau zu derst Zeit. Aus diesem Grunde kann die Beobachtung einer M finsterniſs an zwei Orten zu Bestimmung des Längenuntersc des dieser Orte dienen, so fern sie übereinstimmende Zeit mente angiebt, nach welchen man die Mittagsunterschiede die Ungleichheit der nach dem wahren Mittage des einen

Digitized by Google

ındern Ortes gestellten Uhren finden kann. Die Unsicher- welche der Halbschatten in die Bestimmung des Eintrittes inzelnen Flecken in den Schatten bringt, verursacht aber, liese Längenbestimmungen nicht bis auf kleine Zeittheile seyn können.

Die *Gröfse* der Mondfinsternisse pflegt man nach Zollen und igsteln dieser Zolle, welche man Minuten nennt, anzuge- Man theilt nämlich den Durchmesser des Mondes in 12 e, die hier Zolle genannt werden, und wenn bei der en Verfinsterung der breiteste Theil des unverfinsterten les nur 1 Zoll beträgt, so ist es eine Finsternifs von 11 Zol- Wenn bei der gröfsten Verfinsterung der Rand des Erd- tens gerade auf den Mondrand fiele, so dafs der Mond verdunkelt wäre, so hiefse die Finsternifs 12 zöllig; dagegen der Mond so tief in den Erdschatten eindringt, dafs der nbare Erdschatten da, wo er dem Mondrande am nächsten ıoch $\frac{1}{12}$ oder $\frac{2}{12}$ des Monddurchmessers über den Rand hin- icht, so heifst die Finsternifs 13 Zoll oder 14 Zoll grofs; hieraus erklärt es sich, wie es Mondfinsternisse von 20 21 Zoll geben kann.

Die Erscheinung, welche der Mond uns bei Mondfinster- n darbietet, ist verschieden, indem der Mond bei der to- Verfinsterung zuweilen ganz unsichtbar wird, zuweilen noch mit einem kupferfarbenen Lichte erscheint. Die dfinsternisse, wo der Mond ganz unsichtbar wird, sind n; Kepler giebt die vom 9. December 1601 und un. 1620 als solche an[1], und Hevel versichert[2], dafs am 25. April 1642 den Mond bei der gänzlichen nsterung selbst durch Fernröhre nicht habe auffinden kön- obgleich der Himmel vollkommen heiter war. Hevel efst hieraus mit Recht, dafs der Mond kein eigenes t besitze. In unsern Tagen verschwand der Mond gänz- am 10. Juni 1816[3], und erst kurz vor dem Ende der tota- Verfinsterung bemerkte man einen neblichen Lichtschimmer, her zunahm, bis der helle Mondrand hervortrat. Das rothe t, welches der Mond oft noch bei der totalen Verfinsterung

---

1 Epist. astron. Copern. Lib. V.

2 Selenographia p. 117.

3 Astron. Jahrb. für 1819. S. 263.

zeigt, ist ohne Zweifel eine Wirkung der Strahlenbrechun der Atmosphäre der Erde, welche nämlich die Lichtstrahler krümmt, dafs sie von allen Seiten her in den Raum hinein langen, welcher bei geradem Fortgange der Lichtstrahlen kein Licht empfangen würde. Man bemerkt daher auch, dieses Licht da am schwächsten ist, wo der Mittelpunct Erdschattens liegt, oder dafs die Seite des Mondes am dun sten erscheint, welche dem Mittelpuncte des Schattens nächsten liegt. Die Verschiedenheit, welche sich in die durch Refraction auf den Mond fallenden Lichte zeigt, wohl in dem verschiedenen Zustande der Erd-Atmosphäre ren Grund haben, und die Meinung, dafs die Mondfinster zur Zeit der Nachtgleichen am meisten Licht auf dem verfin ten Monde zeigen, weil an den Polen alsdann, um die Zei Sonnen-Aufgangs und Untergangs, vorzüglich starke Stra brechung statt findet, würde viel für sich haben, wenn HEVEL's Beobachtung ein Beispiel vom Gegentheil gäbe.

Durch die Strahlenbrechung ist es auch möglich, den finsterten Mond schon vor dem Augenblicke des scheinb Sonnen-Unterganges über dem Horizonte zu sehen. V der Mond, vom Mittelpuncte der Erde gesehen, ganz gena Sonne gegenüber stände, so würde er, ohne Mitwirkun Refraction, etwas später aufgehen, als die Sonne unter weil wir ihn der Parallaxe wegen etwas später aufgehen se diesen Unterschied hebt die Refraction gänzlich auf, un kann daher der verfinsterte Mond aufgehen, ja selbst der telpunct des Erdschattens kann über dem Horizonte ersche wenn die Sonne noch nicht untergegangen ist.

Sonnenfinsternisse.

Eclipses s. *Defectus Solis;* Éclipses du So *Solar-Eclipses.*

Zur Zeit des Neumondes sehen wir zuweilen die S durch eine von Westen nach Osten scheinbar vor ihr v rückende Scheibe verfinstert werden. Diese Verfinsterung sich nicht an allen Orten gleich und kann also nicht in e wirklichen Dunkelwerden der Sonne bestehen, sondern die gleichheit der Erscheinung des Mondes ist gerade so, wi seyn würde, wenn ein runder, undurchsichtiger, uns viel

Digitized by Google

ls die Sonne stehender Körper, vor sie tretend, uns ihr
entzöge. Da zur Zeit des Neumondes der Mond neben
onne vorbei geht, und da überdies die Sonnenfinsternisse
ur dann ereignen, wenn der Neumond nahe mit dem Kno-
der mit dem Durchgange des Mondes durch die Ekliptik
men trifft, so ist es nicht schwer zu errathen, daſs der
es ist, der uns den Anblick der Sonne entzieht.
Vir unterscheiden *partiale* oder theilweise Verfinsterun-
ler Sonne von den *totalen* oder gänzlichen Verfinsterun-
und ferner *centrale* Verfinsterungen, wo der Mittelpunct
londes vor dem Mittelpuncte der Sonne vorbei geht, von
, die nicht central sind. Da die Sonnenfinsterniſs nicht an
Orten, wo sie sichtbar ist, gleich erscheint, so pflegt man
Orte vorzüglich anzugeben, denen sie central erscheint,
nur dann, wenn der Mittelpunct des Mondschattens nicht
die Erde trifft, giebt es keinen Ort, wo auf der Erde die
ernifs central wäre. Da wo die Finsterniſs genau oder
beinahe central ist, erscheint sie entweder *total* oder *ring-*
ig; das erstere dann, wenn der Mond uns nahe genug ist,
die Sonne ganz zu verdecken; das andere, wenn er zu ent-
ist, und daher von kleinerm Durchmesser als die Sonne
eint. In seltenen Fällen kann dieselbe Finsterniſs am ei-
Orte total, am andern nur ringförmig erscheinen. Indem
ich der Mittelpunct des Mondschattens über der Erde fort-
, trifft er nach und nach auf Orte, die ungleich entfernt
Monde sind; diejenigen Beobachter also, welche bei der
alen Verfinsterung den Mond in oder nahe an ihrem Zenith
cken, sehen ihn erheblich gröſser, als andere, denen er kurz
er oder nachher die aufgehende oder untergehende Sonne
stert; daher kann, wenn der scheinbare Durchmesser des
des, vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen, um etwas
ges kleiner ist als der scheinbare Durchmesser der Sonne,
erfinsterung total seyn an den Orten, wo die Sonne nahe
enith central verfinstert erscheint, ringförmig da, wo man
Sonne central verfinstert aufgehen oder untergehen sieht[1].
An einem bestimmten Orte kann ferner die totale Verfinste-

1 v. Zach führt ein Beispiel einer solchen Finsterniſs an. Cor-
nd. astron. III. 288, wo noch mehr historische Notizen über
nfinsternisse vorkommen.

rung *ohne Dauer* oder *mit Dauer* seyn, je nachdem scheinbare Durchmesser des Mondes nur gerade zureicht, Sonne zu verdecken, oder gröfser ist. Die gröfste Dauer totalen Verfinsterung ist 5 Minuten.

Die Berechnung der Sonnenfinsternisse wird durch die rallaxe des Mondes, vermöge welcher derselbe an jedem eine andere Lage gegen die Sonne hat, sehr erschwert. W man die Rechnung blofs für den Mittelpunct der Erde führen könnte dieses ziemlich eben so wie bei den Mondfinsterni geschehen, aber dieses reicht nicht zu, da auf der Oberfl der Erde Sonnenfinsternisse statt finden können, wenn auch Schatten des Mondes den Mittelpunct der Erde gar nicht tr könnte. Um zuerst zu bestimmen, wie weit der Mond, dem Mittelpuncte der Erde gesehen, noch von der Sonne fernt seyn kann, wenn er schon für einige Orte auf der Fig. 47. die Sonne zu verfinstern anfängt, sey CS die vom Mittelp C der Erde nach dem Mittelpuncte der Sonne gezogene I Ar sey mit ihr parallel und As mache einen der Sonnenp axe gleichen Winkel $=8\frac{1}{4}'' = p$ mit ihr, so sieht der Beob ter in A den Mittelpunct der Sonne nach der Richtung sAt sey dem scheinbaren Halbmesser der Sonne, tAv scheinbaren Halbmesser des Mondes gleich, und diese H messer will ich q und Q nennen, so ist, wenn der sich in tv befindet, SCv der geocentrische Abstand des des von der Sonne. Offenbar aber ist $Sr = CA$ und w der bedeutenden Entfernung des Mondes $SCr = CvA =$ der Parallaxe des Mondes, und $SCs = P - p$; rC $rAv = q + Q$, also der geocentrische Abstand des M Mittelpunctes vom Mittelpuncte der Sonne $= P - p + Q$ Eine Sonnenfinsternifs fängt also auf der Erde an, wenn de Westen her gegen die Sonne zu rückende Mond den Ab erreicht hat, welcher aus der Sonne der scheinbaren H messer und dem Unterschiede der Parallaxen zusammen ge ist; hat der Mond östlich von der Sonne eben den Abstand w erreicht, so endiget sich für die Bewohner der Erde, w die Sonnenfinsternifs zuletzt sahen, diese völlig; erreich Mond gar nicht diese Nähe oder ist seine Breite zur Zei Neumondes gröfser, so sieht kein Bewohner der Erde die S verfinstert, der Mondschatten geht an der Erde vorbei.

Die eben angegebene Bestimmung giebt die Grenzen

Digitized by Google

enfinsternisse überhaupt an. Will man aber wissen, wie bei der Sonne der Mond, geocentrisch beobachtet, stehen, damit die Finsternifs auf der Erde irgendwo central sey, hellet, dafs dann der von A aus gesehene Mittelpunct des les mit dem Mittelpuncte der Sonne zusammen fallen oder der Richtung A s erscheinen mufs, so dafs der geocentri- Abstand beider Mittelpuncte = SCs = P — p dem Unter- le der Parallaxe gleich wird. Hieraus läfst sich also Dauer der Central - Verfinsterung für die ganze Erde an- ı, und diese Verfinsterung ist zugleich total, wenn der nbare Halbmesser = Q des Mondes gröfser als der schein- Halbmesser der Sonne = q ist. Um so viel, als der rschied Q — q beträgt, kann der geocentrische Abstand er Himmelskörper gröfser seyn, ehe die totale Verfinsterung ört, und P — p + Q — q ist der geocentrische Abstand für ng und Ende der totalen Finsternifs. Eben so ist P — p + q — Q geocentrische Abstand für Anfang und Ende der ringförmi- Verfinsterung, wenn die Sonne gröfser als der Mond erscheint. Da P = 62′ der gröfste Werth ist, welchen die Parallaxe des ndes je erreicht, und Q = 16′ 55″, q = 16′ 18″ die gröfsten the der Halbmesser beider Himmelskörper sind, p aber an 9″ ist, so giebt 62′ — 0′ 9″ + 16′ 55″ + 16′ 18″ die ıze = 1° 35′ der Breite an, welche der Mond im Neumond n mufs, wenn gewifs keine Sonnenfinsternifs mehr eintre- soll. Aber da P, Q, q klein seyn können, nämlich = 53′; 5′ 34″; = 15′ 45″, so ist 53′ — 0′ 9″ + 15′ 34″ + 15′ 45″, 1° 24′ 10″ die kleinste Grenze, wobei der Mond noch, eine Finsternifs zu veranlassen, bei der Sonne vorbei ge- kann, und so wie bei einer Breite gröfser als 1° 35′ 4″ ge- keine Sonnenfinsternifs statt findet, so mufs dagegen noth- dig eine eintreten, wenn seine Breite beim Neumonde klei- als 1° 24′ 10″ ist; und jene Grenze findet statt, wenn er iner Bahn noch beinahe 18½ Grad, diese Grenze, wenn icht völlig 15½ Grad vom Knoten entfernt ist. Die Gren- der Sonnenfinsternisse sind als sehr viel ausgedehnter als der Mondfinsternisse, und da der Ort der Sonne zwischen i Neumonden sich nur um 29 Grade ändert, so tritt bei jedem ımmentreffen der Sonne mit dem Knoten der Mondbahn we- tens *eine* Sonnenfinsternifs ein; es kann aber auch eine vor eine nach dem Eintreffen in dem Knoten sich ereignen, wenn

die Sonne ziemlich mitten zwischen zwei Neumonden den Knoten erreicht. Wenn der Neumond sehr nahe mit dem Eintreten der Sonne in den Knoten der Mondbahn zusammen trifft, so ist die Finsternifs auf der Erde irgendwo central; aber dann ist sehr oft beim vorhergehenden und folgenden Vollmonde die Entfernung vom Knoten schon zu grofs, um eine Mondfinsternifs zu gestatten. Ist dagegen der Vollmond nahe beim Knoten, so ist eine totale Mondfinsternifs, und bei dem vorhergehenden so wie bei dem folgenden Neumonde treten kleine Sonnenfinsternisse ein. Hiernach läfst sich die Verschiedenheit der Anzahl und Gröfse der Sonnen- und Mondfinsternisse in verschiedenen Jahren ungefähr beurtheilen.

Auch die Perioden der Wiederkehr ähnlicher Finsternisse lassen sich nun übersehen. Wenn in einem bestimmten Jahre eine Sonnenfinsternifs genau oder doch nahe mit dem Knoten zusammen getroffen ist, so trifft im nächsten Jahre der in demselben Monate sich ereignende Neumond 11 Tage früher, also bei einem Stande von der Sonne, der etwa 11° hinter dem vorigen zurückliegt; der Knoten der Mondbahn ist aber 19 Grade zurückgegangen, und der Mond ist also bei dem Neumonde dieses Monates etwa 8 Grade vom Knoten entfernt, daher der vorigen grofsen Sonnenfinsternifs nun nur eine kleinere folgt. Im folgenden Jahre ist der Abstand 16 Grade, und es erfolgt allenfalls bei dem so bestimmten Neumonde noch eine kleine, aber gewifs keine erheblich grofse Sonnenfinsternifs. Wendet man eben die Betrachtung auf Mondfinsternisse an, so würde im zweiten Jahr nach einer sehr grofsen Mondfinsternifs in eben der Jahreszeit der Mond gar nicht verfinstert. Zum Beispiel am 21. Mai 1826 war eine totale Mondfinsternifs, (bei welcher jedoch der Mond nicht so ungemein nahe bei dem Knoten war), am 11. Mai 1827 eine partiale Mondfinsternifs; aber im April oder Mai 1828 wird keine Mondfinsternifs seyn; dagegen sind 1828 zwei Sonnenfinsternisse in den mittleren Gegenden der Erde central, statt dafs im Jahre 1827 die Sonnenfinsternisse um einen der Pole der Erde central erschienen, und 18.. die grofsen Mondfinsternisse nur kleine Sonnenfinsternisse neben sich hatten.

Der Knoten der Mondbahn rückt so rückwärts, dafs, wenn er einmal mit dem Neumonde zusammen traf, er nach 18 Jahren und 10 bis 11 Tagen wieder mit ihm zusammen trifft. Der Kno-

ewegt sich in 365 Tagen durch 19° 19',75; also in 18 ge-
:n Jahren durch 347° 47'; unter 18 gemeinen Jahren sind
i oder 5 Schaltjahre, und 18 wirkliche Jahre bestehen da-
us 4 oder 5 Tagen mehr als den eben berechneten. Lege
ufser diesen im ersten Falle noch 11 Tage zu den ohne
ttag berechneten Jahren, so ist für diese 15 Tage der Rück-
der Knoten noch 48 Min., also in 18 Jahren 11 Tagen
35'. Der Knoten ist also noch 11 Grade von dem Orte,
r zu Anfang jener Zeit einnahm, und da die Sonne um so
als 11 Tagen zukommt, weiter vorgerückt ist, als zu An-
jener Zeit, das ist 11 Grade weiter, so steht sie nach
ihren 11 Tagen wieder im Knoten. Aber auch der Mond
ieder im Neumonde, indem 223 Mondmonate 6585⅓ Tage,
ist 18 gemeine Jahre und 15⅓ Tage oder 18 richtige Jahre
10⅓ oder 11⅓ Tage ausmachen; es ist also wieder eine
ıenfinsternifs wie vor 18 Jahren 11 Tagen und zwar fast
ı so nahe beim Knoten, also ziemlich eben so grofs. Da
fs das Zusammentreffen des Neumondes mit dem Knoten
t ganz genau ist, so findet eine kleine Aenderung der Fin-
ıisse statt, nach 36 Jahren 21 Tagen würde diese noch mehr
ıgen und nach oftmaligem Verlauf der Periode die Ueber-
immung nicht mehr statt finden. Auf diese Art stimmte die
len nördlichen Gegenden ringförmige Sonnenfinsternifs am
Aug. 1802 mit der gleichfalls in der nördlichen Halbkugel
förmigen Sonnenfinsternifs am 7. Sept. 1820 überein. Diese
ɔde von 223 Mondmonaten ist zwar in neuern Zeiten
Halley'sche Periode genannt worden, sie ist aber die-
:, welche nach Ptolemaeus schon den alten chaldäischen
ıematikern bekannt war, und die sie *Saros* genannt ha-
[1]. Aehnliche Perioden der Wiederkehr der Finsternisse
die von 716, 3087, 6890, 9977 Mondmonaten.

Alles bisher Angeführte betrifft nur die Bestimmung, ob
wie auf der Erde überhaupt eine Sonnenfinsternifs erscheinen
:: aber man verlangt nun auch zu wissen, an welchen Orten
central, total oder ringförmig oder sonst von bestimmter
se erscheinen, und wie sie sich an einem gegebenen Orte
en wird. Diese Bestimmungen müssen von etwas sorgfälti-

---

1 Ptol. Almagest Lib. 4. Plinius hist. nat. II. 10. und Ideler's
onologie I. 209.

Digitized by Google

Fig. 48. gern Berechnungen für den Mittelpunkt der Erde ausgehen. M zeichne um den Mittelpunct C einen Kreis AEEB, dessen Ha messer nach einem willkührlichen Maſsstabe so viele Theile, P—p + Q + q Secunden enthält (wo P—p der Unterschied Parallaxen von Sonne und Mond, Q der Mondhalbmesser, q Sonnenhalbmesser ist); dabei müssen nun diese Gröſsen so nommen werden, wie sie der Zeit des Neumondes entsprec für welchen man die Rechnung führen will, und die We kann man aus den Ephemeriden nehmen. Eben so zeic man um denselben Mittelpunct Kreise von den Halbmes $= P - p + Q + \frac{1}{2}q$; $= P - p + Q$; $= P - p + Q - \frac{1}{2}q$; e lich $= P - p$. Der erste und gröſseste dieser Kreise umschli wenn C den aus der Erde Mittelpuncte gesehenen Mittelpunct Sonne bezeichnet, denjenigen Raum am Himmel, in welc der Mittelpunct des Mondes eintreten muſs, um irgendwo der Erde eine theilweise Verfinsterung zu bewirken; der le und kleinste Kreis umschlieſst den Raum, in welchen der M telpunct des Mondes eintreten muſs, wenn irgendwo eine c trale Finsterniſs statt finden soll, und die drei dazwischen zeichneten Kreise geben an, wie nahe der Mond geocentr gesehen der Sonne rücken muſs, damit irgendwo auf der E die Finsterniſs 3zöllig, 6zöllig, 9zöllig sey, oder der Rand Mondes etwa um ein Viertel des Sonnendurchmessers einge ten ist, oder den Mittelpunct der Sonne erreicht hat, oder e lich drei Viertel des Sonnendurchmessers verdeckt.

Es kommt jetzt darauf an zu finden, in welchen Zeitpu der Mond in diese Kreise eintritt. AJ bezeichne die Eklip und da die Ephemeriden die geocentrische Breite des Mon nämlich seines Mittelpunctes, zur Zeit der wahren Conjunct oder des genauen Neumondes, indem er gerade am Mittelpu der Sonne vorbeigeht, angeben, so trage man CH, gleich d ser Breite, nach dem vorhin gebrauchten Secunden-Maſss auf. Man suche ferner nach der Angabe der Ephemeriden, viele Stunden vor oder nach dem Neumonde sich der Mon der Ekliptik in J befindet, und bestimme den Punct J in Zeichnung so, daſs CJ der Anzahl von Secunden gleich sey, welche beim Eintritte des Mondes in die Ekliptik des Mo Mittelpunct vom Mittelpuncte der Sonne entfernt ist. Dann EHEJ die relative Mondbahn, das ist, wenn man HK gle dem Raume nimmt, um welchen, 1 Stunde vor der Conjunct

Digitized by Google

ondmittelpunct noch von der Conjunction entfernt war, man ebenso HL für den Zeitpunct 2 Stunden vor der Conjon aufträgt und so ferner, so geben CK, CL die scheinbabstände der Mittelpuncte beider Himmelskörper 1 Stunde, nden vor dem Neumonde u. s. w. an; CH ist der Abstand Mittelpuncte im Augenblicke der Conjunction, und wenn CM senkrecht auf JE zieht, so zeigt CM nach dem Secundsstabe, wie weit bei der gröſsten Annäherung die Mittele noch von einander entfernt bleiben, und HM mit dem Stunde entsprechenden Raume HK verglichen, giebt die n, wie lange vor oder nach der Conjunction die gröſste sterung eintritt, oder die Mitte der Verfinst rung.

Hieraus kennt man nun die Zeitpuncte, wenn die Finsterauf der Erde anfängt, die Zeit, wo die centrale Verfinsterung er Erde anfängt, wann die 3zöllige, 6zöllige, 9zöllige Verrung anfängt, und wenn man den Mond weiter nach F und rfolgt, so ist der Zeitpunct, wo der Mittelpunct F erreicht, nige, wo die centrale Verfinsterung auf der Erde aufhört, Zeitpunct, da er nach E gelangt, entspricht dem völligen e der Finsterniſs. Man verlangt nun zunächst zu wissen, lenn der Ort auf der Erde liegt, an welchem man zuerst den drand in die Sonne eintreten oder den ersten Anfang der nsterung sieht, und eben die Frage wird man für alle übrieben erwähnten Zeitpuncte und die mit ihm verbundenen heinungen aufwerfen. Zur Beantwortung dieser Frage ist zuzu bemerken, daſs der Anfang der Finsterniſs da gesehen Fig. , wo die Sonne dann gerade aufgeht. Es läſst sich nämlich 49. ler Figur wohl übersehen, daſs der von Westen, von A her der Sonne vorbei rückende Mond seinen Schatten zuerst in f die Erde fallen läſst, und daſs hier die Sonne im Horie steht; sie geht hier auf, weil durch die Rotation der Erde Westen nach Osten, der Ort B gegen D hin geführt wird, dieser also die Sonne immer höher über den Horizont herommen sieht. Eben so sieht der Ort, welcher die Sonne verfinstert aufgehen sieht, die totale Verfinsterung früher der andre Ort, und es läſst sich leicht übersehen, daſs, wenn Mond nach G gelangt ist, der Ort E, welchem die Sonne untergeht, der letzte ist auf den noch der Centralschatten Wie man diese Orte findet, läſst sich so übersehen. Wenn für den Augenblick, in welchem auf der Erde die Verfin-

Fig. 49. sterung anfängt, die Stellung des Mondes gegen den Mittelp C der Sonne, vom Mittelpuncte der Erde aus gesehen, betr net, so ergiebt sich daraus für den Ort, welchem die Sonne Zenith steht, ob ihm der Mond nordwestlich oder westlich o südwestlich vom Zenith erscheinen müfste, wenn es mögl wäre, ihn neben der Sonne zu sehen, oder man kann genau Azimuth des Mondmittelpunctes für diesen Punct auf der E angeben. Offenbar liegt nach eben der Richtung hin von d sem Orte, und zwar 90 Grade von ihm entfernt, der Ort, d der Mond nun die Sonne zu verfinstern anfängt, und man kö daher auf einer künstlichen Erdkugel den Ort, wo gerade in nem Augenblicke die Sonne im Zenith steht, in den höchs Punct der Kugel bringen, auf dem Horizonte die Gegend, welcher zu diesem Orte der Mond vom Zenith entfernt ersch aufsuchen und sehen, welcher Ort der Erde gerade da im Ho zonte steht; dieser nämlich ist es, welchem die Sonne bei fangender Verfinsterung aufgeht. Will man eben so den O finden, der zuerst die centrale Verfinsterung sieht, so mufs aufs Neue denjenigen Ort in die höchste Stellung bringen, w chem die Sonne im Zenith ist, wenn nach den obigen Bestim mungen die centrale Finsternifs anfängt; dieser Ort liegt, da d Sonne ihre Declination nicht erheblich ändert, in eben der g graphischen Breite, wie der vorhin betrachtete, aber in and Länge, und indem man wieder das Azimuth des Mondm punctes sucht, findet man abermals den Punct des Horizo der Kugel, wo man den Ort aufsuchen mufs, welchem die S central verfinstert aufgeht. Eine gleiche Bestimmung findet das Ende der centralen Verfinsterung auf der Erde, für das v lige Ende der Finsternifs und so ferner statt; und selbst mehrere, minder merkwürdige Bestimmungen liefsen sich herleiten.

Um noch vollständigere Bestimmungen zu erhalten, ich allgemein die Frage zu beantworten suchen, wie weit v dem Puncte, welchem die Sonne im Zenith steht, der Mitte punct des Central-Schattens entfernt ist, wenn der Abstand d Mittelpuncte beider Himmelskörper ein bestimmter ist. Für j den gegebenen Augenblick kennt man aus dem Vorigen den g centrischen Abstand SCM des Mondes von der Sonne, und d
Fig. 50. her auch den scheinbaren Abstand SAM an dem Orte, wo d Sonne im Zenith steht, der nur um die Höhenparallaxe AM

s jener ist. B ist der Ort, wo das Centrum des Schat-
llt, wenn BM verlängert den Mittelpunct der Sonne
aber des Mondes Mittelpunct ist. S soll den Durch-
ınct der Linien CS, BM anzeigen, und dann ist

$$ = \frac{CB. \text{ Sin. } MBC}{MC} = \frac{CS. \text{ Sin. } SCM}{SM} \text{ oder da } \frac{CB}{MC} = P =$$

ontalparallaxe des Mondes ist, $\text{Sin. } MBC = \frac{CS. \text{ Sin. } SCM}{P. SM}$;
dann zugleich CMB, also auch der verlangte Winkel
.CM + MCB bekannt. Diese Rechnung zeigt, daſs man
ınd des Centralschattens von dem Puncte, wo die Sonne
ı steht, und auch die Gegend, wohin man von eben
ıncte ausgehen müſste, um zu jenem Mittelpuncte des
zu gelangen, in jedem Augenblicke kennt, also den
Schatten-Mittelpunctes auf der Erde vollkommen be-
kann.

z ebenso kann man zu irgend einer Zeit den Punct be-
, der in der Ebne SMA liegend, den Mittelpunct des
um $\frac{1}{12}$ des Sonnendurchmessers vom Mittelpuncte der
ntfernt sieht. Es stelle nämlich sMb die gerade Linie
:che die Sonne in einer Entfernung = $\frac{1}{12}$ des Sonnen-
ssers von ihrer Mitte trifft, so kann ACb ganz wie vor-
gefunden werden, und man kennt also die Entfernung
en Orte, B, b, wo gleichzeitig die eben erwähnte Un-
ıt der Erscheinungen statt findet. Hätte man bMs durch
des Mittelpunct nach dem Rande der Sonne gezogen, so
ıan den Ort b bestimmen, welchem zu eben der Zeit
.des Mittelpunct im Sonnenrande erscheint; und endlich
an bMs nach einem Puncte zöge, der um den scheinba-
ıdhalbmesser vom Rande der Sonne entfernt läge, so
an einen Punct b auf der Erde, dem der Mondrand nur
ınenrand zu berühren schiene, in eben dem Augenblicke,
die Finsterniſs central ist.

lieſse sich nicht allein der Gang des Schattenmittelpunc-
ıdern des ganzen vollkommenen Schattens und Halbschat-
: der Erde bestimmen, und die Reihe aller der Oerter an-
wo die Finsterniſs eine bestimmte Gröſse erreicht. Zwar,
:s auf genaue Bestimmung ankommt, lieſse sich noch Ei-
egen diese Regeln erinnern; aber der Zweck ist hier nur

die Möglichkeit jener Bestimmungen ohne erhebliche Rechn zu zeigen.

Zur strengern Berechnung Anleitung zu geben, scheint nicht der Ort zu seyn, da diese Anleitung allemal weitlä ausfallen wird. Die Berechnung kommt kurz darauf hi dafs man für einen gegebenen Punct auf der Erde den geoce schen Ort so corrigirt, wie es die Parallaxe fordert. Der M hat nur eine Parallaxe in der Breite, wenn er sich gerade da findet, wo die Ekliptik in dem Augenblicke am höchsten dem Horizonte des Ortes ist, in allen andern Fällen auch Parallaxe in der Länge, und da jener höchste Punct der N *gesimus* heifst, so hängt also die Berechnung der Parallaxe der Stellung des Mondes gegen den Nonagesimus ab[1]. Hat für verschiedene Zeitpuncte die Parallaxe gefunden, so gie an, wie weit entfernt von dem Puncte, wo des Mondes telpunct geocentrisch erscheint, man ihn an jenem Orte s und man bekommt so auf gleiche Weise, wie vorhin für das trum der Erde, den relativen Weg des Mondes vor der S vorbei, für jenen bestimmten Ort, für welchen die Rech geführt wird. Dafs dabei auf die Ungleichheit des in vers denen Höhen nicht gleich grofs erscheinenden Monddurch sers u. s. w. Rücksicht zu nehmen sey, versteht sich von sel

Wenn eine Sonnenfinsternifs genau beobachtet worde so dient sie zur Bestimmung des Längen-Unterschiedes zw Orte, indem ja so gut, wie man für einen gegebenen Ort Zeiten des Eintritts, Austritts u. s. w. berechnen kann, auch gekehrt aus der Beobachtung des Eintritts, Austritts u. s. w Lage des Ortes, wenigstens seiner Länge, wenn die Breite kannt ist, hergeleitet werden kann.

Die Sonnenfinsternisse älterer Zeiten zu berechnen, oft für die Chronologie wichtig seyn; denn da grofse, be ders totale, Sonnenfinsternisse in einer bestimmten Gegend selten vorkommen, so kann eine Begebenheit, für welche Zeit selbst um mehrere Jahre ungewifs wäre, bis auf den Tag nau bestimmt werden, wenn sie mit einer solchen Erscheinung

---

1 Vergl. die Art. *Nonagesimus* und *Parallaxe*.

2 Alle Lehrbücher der Astronomie geben diese Rechnungsmeth an, z. B. Schubert astronomie théorique. Livre V. u. populärer, S bert's popul. Astron. II. 359. Piazzi Lehrb. d. Astron. II. 279.

Digitized by Google

:af. Aus diesem Grunde enthält das berühmte Buch, *'rifier les dates*[1], ein Verzeichniſs der Finsternisse vom s 2000. Einzelne Untersuchungen der Art gehören ıer, doch mag die Sonnenfinsterniſs, die während der n Halys eintrat, hier erwähnt werden, da sie zugleich ;chichte der Astronomie berühmt ist, als die erste, n Thales vorausgesagt seyn soll. Diese Finsterniſs andere als die am 30. Sept. im Jahre 610 vor unserer ng seyn; diese war in der Gegend des Kampfplatzes al[2].

rscheinungen, welche die sehr groſsen Sonnenfinster- :ten, verdienen noch etwas näher erwähnt zu wer- nge noch ein kleiner Rand der Sonne unbedeckt vom ig bleibt, ist die Helligkeit noch immer sehr groſs; auffallende Verminderung der Helligkeit tritt ein, ıreite des hellen Theiles der Sonne nicht mehr $\frac{1}{14}$ des :hmessers beträgt; aber auch dann und fast zum Ver- des letzten Randes der Sonne ist doch die Erleuch- de und Atmosphäre noch immer sehr bedeutend. Da- nn, wie die Beobachter versichern, welche totale ernisse bei heiterm Himmel gesehen haben, die plötz- :rniſs in dem Augenblicke, wo der letzte Lichtrand vird, etwas sehr Auffallendes. Bei der Sonnenfin- 19. Nov. 1816, die in Breslau $11\frac{1}{1}\frac{1}{3}$zöllig war, oder Rand, welcher an der breitesten Stelle $\frac{1}{80}$ des Son- essers betrug, unverfinstert übrig lieſs, war die Dunkelheit bei dick bewölktem Himmel zwar sehr ıber doch nicht so groſs als man zu erwarten geneigt e. Selbst in Bütow in Pommern, wohin Tönnies sich ıtte, um die dort totale Verfinsterung zu beobachten, r totalen Verfinsterung, deren Beobachtung die Wolken die Dunkelheit nur einer starken Dämmerung ähnlich[3].

---

[1] '. edit. p. St. Allais Vol. I. p. 269. Nachrichten von totalen ı giebt v. Zach Corr. astr. II. 560. Ein Verzeichniſs der in Finst. im 19. Jahrhundert Astr. Jahrb. 1808. S. 227.

[2] Gründe, warum andere Meinungen über Tag und Jahr dieser unzulässig sind, giebt Oltmanns an, Schr. d. Berlin. Akad. u. Astr. Jahrbuch 1823. S. 197.

[3] on. Zeitschrift von v. Lindenau III. 125.

Ueberhaupt scheint die Dunkelheit bei totalen Sonnenfinsternissen sehr ungleich zu seyn. Louville beschreibt sie bei der Finsternifs am 3. Mai 1715 in London auch nicht wie völlige Nacht, sondern legt ihr etwas Eigenthümliches, auch von der Dämmerung Verschiedenes, bei. Eben das Eigenthümliche bemerkten Santini, Bürg und Böckmann bei der ringförmigen Finsternifs am 7. Sept. 1820, die sie an verschiedenen Orten beobachteten. Santini sagt, ein mattes, trauriges Licht habe sich über alle Gegenstände verbreitet, und eine Empfindung hervorgebracht, derjenigen ähnlich, die man hat, wenn man zum ersten Male durch grüne Brillen sieht. Böckmanns sah den Himmel graulich violett [1].

In andern Fällen ist eine tiefere Dunkelheit eingetreten, namentlich hat Davizard, der am 12. Mai 1706 in Arles die dort 5 Minuten dauernde totale Verfinsterung beobachtete, die Dunkelheit so angegeben, dafs einer den andern nur mit Mühe erkannte; die Nachtvögel kamen hervor, und die übrigen Vögel zogen sich zurück, obgleich es erst halb zehn Uhr Vormittags war. Aehnliche Nachrichten hat man auch von andern Beobachtern totaler Finsternisse [2]. Indefs erhellet, dünkt mich, leicht, dafs die Finsternifs in den meisten Fällen nur der Dämmerung gleich kommen kann; denn selten hat der Schatten auf der Erde mehr als 4 oder 6 Meilen Durchmesser, und selbst der im Centro des Schattens stehende Beobachter erhält in diesem Falle von den gegen seinen Horizont hinstehenden Wolken noch zurückgeworfenes, wenn gleich durch den Halbschatten sehr geschwächtes Licht. Bei sehr langer Dauer der totalen Finsternifs ist freilich der völlig beschattete Raum der Erde und der Atmosphäre gröfser, und die Finsternifs also tiefer. Dafs man die Finsternifs recht eigentlich herannahen sieht, nämlich die westwärts liegenden Gegenstände schon im Dunkeln sieht, während man selbst noch im Sonnenlichte ist, bemerkt Lorenz bei der Finsternifs im November 1816. Er erzählt auch, dafs für ihn, der sich ziemlich am Rande der totalen Verfinsterung befand, alle in bedeutender Entfernung südwärts liegenden Gegenstände sich erhellet zeigten, während ihm die Sonne total verfinstert war.

1 G. LXVI. 216.
2 de Zach corr. astron. III. 289. 532.
3 Astron. Jahrb. 1824. S. 181.

...stron. Jahr...

at man mehrmals selbst bei nicht totalen Finsternissen

man auf dem vor die Sonne tretenden Monde die Berge, den Rand des Mondes hervorragen, erkennt [1], läſst t erachten. Die Beobachtung ULLOA's, der im Monde, tfernt vom Rande, einen hellglänzenden Punct sah, als das Sonnenlicht hervorbräche [2], ist sonst nie wieder men; doch bemerkte RÜPPELL 1820, daſs das eine noch übrigen Theils der Sonne durch einen vorragen-lberg abgestumpft war, und daſs daneben eine ganz feine fnung, ein Durchdringen des Lichtes durch das neben ge liegende Thal sichtbar war [3].

hellen Ring, den man bei totalen Finsternissen um den sehen hat, habe ich in dem Artikel: *Atmosphäre des* erwähnt. Die dort mitgetheilte Erklärung dieser Er-g von BODE, daſs dieser Ring in der erleuchteten Erd-äre entstehe, hat doch das gegen sich, daſs bei totalen ssen von einiger Dauer die Erde und die Atmosphäre Beobachter auf einige Meilen weit mit Schatten bedeckt das nach der Sonne hinsehende Auge nur auf beschat-ile unserer Atmosphäre trifft. Dieser Ring muſs also rklärt werden, und da, wie BIANCHI und AMICI mit s ihren Beobachtungen zu schlieſsen scheinen, Inflexion ts und Brechung in der Mondatmosphäre nicht merklich finden scheint [4], so ist die Erscheinung wohl noch nicht was indeſs die Wirkung der Inflexion betrifft, so könnte ls doch nur matteres Licht in den beschatteten Raum , vielleicht wenig merklich seyn, so lange noch etwas vächtes Sonnenlicht unser Auge trifft, und dennoch bei erfinsterung merklich werden.

h die Erwärmung durch die Sonne nimmt während Sonnenfinsternisse bedeutend ab. BÖCKMANN beobach-e Abnahme an Thermometern mit ungeschwärzter und hwärzter Kugel und an Leslie'schen Photometern. Beim der Finsterniſs stand das Thermometer mit ungeschwärz-

---

stron. Jahrb. 1797. 152. de Zach Corr. astron. IV. 181.
ourn. de Phys. 1780. Avril.
e Zach Corr. astron. IV. 185.
Corr. astron. IV. 280.

ter Kugel etwa auf 26°, bei der ringförmigen Verfinsterung 17°, am Ende der Finsternifs auf 23°; das Thermometer geschwärzter Kugel stand vor der Finsternifs 7 bis 8 Grade, der Finsternifs ungefähr 7 Grade höher als jenes, bei der förmigen Verfinsterung betrug dagegen der Unterschied einen Grad. Noch auffallender als diese Verschiedenheit war Aenderung in den Anzeigen des Leslie'schen Photometers, es scheint mir[1] an hinreichenden vergleichenden Beobachtungen zu fehlen, um den Gang dieses Instruments richtig zu beurtheilen; indefs giebt Böckmann an, dafs das eine bei gewöhnlichem Tageslichte 62,2 Grad, vor Anfang der Finsternifs 130 Gr., zur Zeit der ringförmigen Finsternifs 73 Gr., nach der Finsternifs 1... zeigte[2]. Flaugergues schliefst aus ähnlichen Beobachtungen, dafs der Unterschied zwischen der Temperatur in der Sonne im Schatten der Gröfse des unbedeckten Theils der Sonne proportional war. Die Gröfse der Sonnenscheibe betrug nämlich 2865213 Quadrat-Secunden, des unbedeckten Theils bei der gröfsten Verfinsterung in Viviers = 578279 Quadrat-Secunden, und diese Zahlen verhalten sich, wie 4,94 zu 1. Der Unterschied der Thermometerstände in der Sonne und im Schatten war ... Grad bei unverfinsterter Sonne, und 0,95 Grad bei der gröfsten Verfinsterung; diese Zahlen verhalten sich, wie 4,52 zu 1, allerdings nicht weit von jenem Verhältnisse abweicht.[3]

Verfinsterungen der Nebenplaneten und Sonnenfinsternisse auf andere Planeten.

Jupiter, Saturn und Uranus haben Monde oder Nebenplaneten, welche sie ebenso, wie der Mond die Erde, begleiten; da wir aber nur die Monde des Jupiters mit Leichtigkeit beobachten können, so will ich auch nur von diesen hier reden. Die *Monde des Jupiter* haben sämmtlich Bahnen, die wenig gegen die Bahn des Jupiter geneigt sind, und da sie auf diese Weise sich nie weit von dem Kreise, den die Bewohner des Planeten als Bahn der Sonne am Himmel ansehen, entfernen, der Schatten des Jupiter aber grofs ist, so werden sie sehr

1 Und eben das hat Egen schon bemerkt. G. LXX. 321.

2 Die vollständigen Beob. in G. LXVI. 215. Aehnliche Beob. ... Bologna stehen in d. Correspond. astron. IV. 183.

3 Journ. de Phys. 1821. Juin.

Digitized by Google

ırem Hauptplaneten beschattet. Die Monde des Jupiter
berdies ihren Hauptplaneten viel näher nach Verhältnifs
Gröfse, als unser Mond der Erde ist; denn selbst der ent-
te ist nicht völlig 26 Jupiters-Halbmesser von ihm ent-
statt dafs der Mond 60 Erd-Halbmesser von der Erde
. Hieraus ist es leicht zu übersehen, dafs die Verfinste-
sehr oft, bei den kurzen Umlaufszeiten der nächsten
, fast täglich eintreten müssen; indem die drei näch-
i jedem Umlaufe und auch der vierte oft, verfinstert wer-
Man beobachtet diese Verfinsterungen am besten, wenn
iter der Quadratur nahe ist; denn bei seiner Opposition
Sonne liegt der Schatten uns gerade hinter dem Jupiter
e Eintritte und Austritte der Monde in den Schatten und
m Schatten könnten höchstens ganz nahe am Rande des
wahrgenommen werden, statt dafs wir, wenn der Pla-
i Grade von der Sonne entfernt ist, eine Stellung haben,
r den in den Schatten eintretenden oder aus demselben
enden Mond ziemlich entfernt vom Hauptplaneten se-
Um die Zeit der Quadratur kann man Anfang und Ende
nsternifs des dritten und vierten Mondes beobachten;
n Finsternissen des zweiten ist dieses nur sehr selten
ı, und bei diesem fast immer, bei dem ersten Monde
ıs immer mufs man sich begnügen, vor der Opposition den
, nach der Opposition das Ende der Finsternifs zu beob-
Die Verfinsterungen können bei dem ersten $2\frac{1}{4}$ Stunde,
weiten 2 St. 50′; beim dritten 3 St. 34′, beim vierten
5′ dauern und treten beim ersten allemal nach $42\frac{1}{2}$ Stun-
eim zweiten nach 3 Tagen 13 Stunden, beim dritten nach
n 4 Stunden wieder ein.

e Berechnung dieser Verfinsterungen beruht auf einer ge-
Kenntnifs der Umlaufszeiten und Entfernungen dieser
von ihrem Hauptplaneten. Lägen nicht die Bahnen der
dem Aequator des Jupiter so nahe, so würde die sehr
r Kugel abweichende Gestalt des Jupiter die Berechnung
end erschweren; denn wenn eine leuchtende Kugel ein
hsichtiges Sphäroid bescheint, so ist der Schatten nicht
in Kegel, sondern eine andere abwickelbare Fläche, für
n eine Gleichung findet, wenn man die allgemeine Glei-
für eine, beide Flächen berührende, Ebene aufsucht.
merkwürdige Fläche hat LAPLACE nur so weit als die Theorie
3d.

dieser Finsternisse es fordert, untersucht, sie verdient al wohl eine nähere Betrachtung[1].

Dafs die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupite monde dazu gedient haben, die Geschwindigkeit des Lichts bestimmen, wird im Art. *Licht* erklärt. Aber auch zur Länge bestimmung dienen sie, da ihr Unsichtbarwerden unter ga gleichen Umständen an mehreren Orten beobachtet, den Beo achtern gleiche Zeitmomente und damit den Mittagsunterschi der Orte angiebt. Die Schwierigkeit dabei ist nur, dafs weg ungleicher Reinheit der Luft und ungleicher Stärke der Fe röhre Verschiedenheiten in die Bestimmung kommen könn die sich nicht mit Sicherheit angeben lassen. Das Versch den des Jupitermondes ist nämlich kein momentanes Phän sondern er wird, so gut als unser Mond nach und nach verd kelt, und daher dem Beobachter eher unsichtbar, welchen d stige Luft oder ein minder starkes Fernrohr hindern, den schw chen Ueberrest der Erleuchtung zu sehen, die ein anderer Be achter unter günstigen Umständen noch bemerkt.

Endlich gehört zu diesen Betrachtungen über Finstern auch noch die Bemerkung, dafs auch die Bewohner and Hauptplaneten Sonnenfinsternisse sehen, und dafs wir die V finsterung, die alsdann der Planet erleidet, am Jupiter oft w nehmen können. Man sieht nämlich, wenn einer der Jupit monde zwischen ihm und der Sonne vorbei geht, mit Fe röhren auf dem Jupiter einen Schatten, der gerade eben da was bei uns der Mondschatten zur Zeit einer Sonnenfinste dieser Schatten nimmt aber auf dem Jupiter immer nur einen unbedeutenden Raum ein, da die Monde gegen den Pla sehr klein sind.

Auf dem *Saturn* verfinstert der breite Ring manchen genden auf lange Zeiten die Sonne, wovon in dem Art. *turnsring* mehr gesagt werden wird. *B.*

Firmament.

Firmamentum; le firmament; *the firmament;* Himmelsgewölbe zeigt sich uns so, als ob es eine feste Halbk

1 Mécanique céleste. Tome IV. p. 105. Brandes höhere metrie. II. 340.

und von diesem Anscheine ist offenbar der Ausdruck, ı sie das Firmament genannt hat, hergenommen. Unter t. *Himmel* wird die genauere Untersuchung, welche ir in unserer Vorstellung diesem Gewölbe beilegen, vor- !.

B.

Fische, elektrische.

rfische, Krampffische; *Pisces electrici*; ıs électriques, Trembleurs; *Electric Fishes.*

n belegt mit diesem Namen alle diejenigen Fische, wel- Vermögen besitzen, Menschen und Thieren, wenn sie lbar oder mittelbar mit ihnen in Verbindung kommen, imliche, den elektrischen Erschütterungen ähnliche, zu ertheilen, und einen Krampf und Erstarrung in ih- skeln dadurch zu verursachen. Diese elektrischen Fische ich in den verschiedensten Abtheilungen und Geschlech- rer Classe, aus denen sie einzeln mit jener sonder- Eigenschaft hervortreten. Nur das haben sie alle mit ein- gemein, dafs sie ohne Schuppen mit einer schleimigen edeckt sind. Gewöhnlich zählt man folgende fünf Arten en Zitterrochen *(Raja Torpedo)*; den Zit- l *(Gymnotus el.)*; den Zitterwels *(Silurus el.)*; ektrischen Spitzschwanz *(Trichiurus el.)*; ı elektrischen Stachelbauch *(Tetrodon* ch Risso soll aber das mittelländische Meer vier ver- e Arten von Zitterrochen beherbergen, die derselbe da- r einem neuen Geschlechte, *Torpedo*, vereinigt hat. *Galvanii*, der am meisten bekannte Rochen, *T. Nar- unimaculata* und *T. marmorata*[1]. Auch ist wahr- ı der Krampfrochen vom Vorgebirge der guten |, an welchem Todd seine Versuche anstellte, eine Art. Die Erscheinungen, welche diese Fische zei- d welche insbesondere an zweien Arten derselben, rrochen und Zitteraal von mehreren berühmten Phy- d Naturforschern genau studirt worden sind, haben öhes Interesse auch für die eigentliche Physik, dafs

1 v. Humboldt in Ann. de Chimie et Phys. XI. 409.

eine genauere, aus den Quellen selbst bearbeitete Zusamme
stellung aller wichtigen Beobachtungen und eine kritische Pr
fung der verschiedenen zur Erklärung so merkwürdiger E
scheinungen aufgestellten Hypothesen in diesem Werke ei
Stelle verdient.

I. Geschichte und Literatur.

Die *Raja Torpedo* (*Torpedo Galvanii*) der Kramp
oder Zitterrochen (le Tremble, la Tropille;
Torpedo) war schon den Alten bekannt, und eine so au
ordentliche Eigenschaft bei einem Thiere, welches sich a
verschiedenen Küsten des mittelländischen Meeres (abe
an der westlichen Küste Frankreichs, und der südlichen E
lands) findet, konnte ihnen nicht verborgen bleiben. In P
to's Gespräch Meno wird dieses Thier mit seiner betäubende
genschaft erwähnt, Aristoteles nennt ihn oftmals[1], Plin
nur kurz und hält die Erschütterungen desselben für ein w
scheinliches Heilmittel, als welches sie auch, namentlich g
halbseitiges Kopfweh und Gicht nach Scribonius La
Dioskorides und Galenus in Anwendung gebracht wu
Auch von Plutarch[3] wird das Thier genannt.

Die ersten anatomischen Untersuchungen über die e
schen Organe des Zitterrochens verdanken wir den Itali
Redi[4] und Lorenzini[5], welche die Röhren oder Säulen
selben für eben so viele Muskeln von besonderer Art (*Mu*
li falcati) hielten. Réaumur[6] that einen großen Schritt
ter, indem er in einer ausführlichen Abhandlung nicht blo
Reihe von Versuchen bekannt machte, sondern auch eine
reiche mechanische Erklärung der von diesem Fische er
Schläge aufstellte, gegründet auf den Bau der elektrisch
gane, deren Structur er sehr genau beschrieb. Die eige

---

1 Hist. de Animal. II. 13. IX. 37. de part. animal. IV. 13

2 Lib. XXXII. Nat. Hist. 1.

3 De industria Animalium p. 246.

4 Fr. Redi Exper. Natur. Flor. 1666.

5 Osservazioni interno alle Torpedini da Stef. Lorenzini 1678.

6 Mémoires de l'acad. de Paris année 1714. Hist. p. 24. p. 447. Edit. d'Amsterd. 8.

Digitized by Google

einer richtigen Einsicht in das Wesen dieser Erscheinun-
ginnt aber erst mit den schönen Versuchen von John
im Jahre 1672[1], wodurch zuerst die Uebereinstim-
ler von dem Zitterrochen abhängigen Erscheinungen mit
ktrischen in ein helles Licht gesetzt wurden, eine Ent-
, die bei dem damals so regen Interesse für alles, was
Elektricität bezog, die allgemeinste Aufmerksamkeit der
r erregte. Der berühmte Anatom John Hunter[2] lieferte
eine neue durch eine meisterhafte Abbildung verdeut-
eschreibung der elektrischen Organe, und Cavendish[3]
ete zwei Jahre später durch Nachahmung der am Zitter-
angestellten Versuche mit der gewöhnlichen Elektricität
elst eines künstlichen Zitterrochens ein neues Licht über
Gegenstand. Fernere interessante Versuche an dem Zit-
en selbst verdankte man bald nachher Ingenhousz[4] und
Spallanzani[5]. Die Entdeckung der Galvani'schen Er-
ng leitete später von neuem die Aufmerksamkeit der Phy-
uf diese analogen Phänomene, und veranlaſsten nament-
en glücklichen Entdecker derselben Aloys Galvani, so
inen Neffen Aldini[6] zu Versuchen mit diesem Fische;
nteressanter wurden aber alle elektrischen Fische durch
tdeckung der Volta'schen Säule, in welcher man das ei-
he Erklärungsprincip der im Ganzen doch immer noch in
ntstehungsweise räthselhaft gebliebenen Erscheinungen
len glaubte. v. Humboldt und Gay-Lüssac[7] stellten

Of the electric Property of the Torpedo. In a Letter from
alsh. Philos. Transact. Vol. 63. Year 1774. p. 461. vgl. auch
bservat. etc. 1774. IV. p. 205 ff.

Anatomical Observations of the Torpedo by John Hunter c. l.

An account of some attempts to imitate the effects of the
o by Cavendish. Phil. Trans. Vol. 66. for 1776. p. 196.

Extract of a Letter etc. Phil. Trans. LXV. Year 1775. p. 1.

Opusculi scelti di Milano 1783. ein Auszug im Goth. Magazin
. II. Bd. 3tes St. S. 89. und Memorie di Matematica et Fisica
ocietà italiana Tome II. p. 603. deutsch in den Leipz. Samml.
ysik und Naturgeschichte. IV. Bd. 3tes St. 328 und im Ausz.
h. Magaz. V. Bd. 3tes St. S. 41.

Aldini Essai théorique et expérimental sur le Galvanisme. Pa-
04 Vol. II. p. 61. auch in G. XIV. 331.

Annales de Chimie. LVI. 15—23, daraus in Gehlen's N. J.
VI. 166. und G. XXII. 51.

Digitized by Google

ser Naturforscher auf seine Kosten mehrere derselben lebend nach England transportiren, wo sie in London im Jahre 1775 der Gegenstand vieler Versuche wurden, von denen zwar Walsh selbst keine Nachricht gegeben hat, von welchen aber die Abhandlungen von Le Roy[1] und Ingenhousz[2] eine nähere Auskunft geben. Auch machte nunmehr John Hunter[3], so wie früher von Zitterrochen eine meisterhafte Beschreibung und Abbildung vom elektrischen Organe dieses Fisches bekannt. Gleichzeitig mit jenen Arbeiten erschienen auch die Resultate der Untersuchungen zweier americanischer Naturforscher, die jedoch, wie es scheint, von der Entdeckung des Engländers Walsh in Betreff des Zitterrochens bereits Kunde hatten, nämlich Hugh Williamson[4] in Philadelphia und von Garden[5] in Charlestown. Von späteren Abhandlungen, welche theils neue Bemerkungen lieferten, theils die frühern Erfahrungen bestätigten, verdienen dann noch genannt zu werden, diejenige von Will. Bryant[6], und von H. Collins Flagg[7], und von Sam. Fahlenberg[8]. Eine frühere Mittheilung eines Dr. Schilling[9] über den Einfluss der magnetischen Kraft auf den Zitteraal verlor dadurch ihr Interesse, dass ihr durch alle spätere Versuche widersprochen wurde.

3. Der Zitterwels (*Silurus electricus*), der in den africanischen Flüssen zu Hause ist, wurde, wie schon oben bemerkt, ohne allen Zweifel zuerst von Adanson, (1751) die

---

1 Lettre etc. par M. Le Roy. Journal de Physique ann. 1776 Oct. p. 333.

2 Ingenhousz vermischte Schriften von Molitor. Wien. 8. 1782 S. 272.

3 Account of the Gymnotus electricus. Phil. Trans. Vol. LXV P. II. p. 395.

4 Phil. Trans. Vol. LXV. Year 1775. p. 94.

5 Ebend. p. 102.

6 Account of an electric Eel in den Transactions of the American Society held at Philadelphia Tom. II. Philadelphia 1786. 4. im Auszuge im Goth. Magazin V. 3. S. 163.

7 Observations on the Numbfish or torporific Eel Ebend.

8 Vetensk. Acad. Nya Handlingar 1801. S. 122. Daraus in G. XIV. 456.

9 Nouveaux Mémoires de l'acad. de Berlin 1770. p. 68. und Observ. physic. de torpedine Pisce in Diatribe de Morbo in Europa pene ignoto quem Americani Jaws appellant. Traj. ad Rh. 1773.

Senegal fand, bekannt gemacht, später von Forskål[1]
t, dann genauer von Broussonet[2] beschrieben, doch
en wir die nähere Kenntniſs seiner elektrischen Organe
oy[3].

Der *Tetrodon electricus* (elektrische Stachelbauch) ist
n englischen Schiffslieutenant Paterson[4] bei der Insel
, einer der Comoren zwischen der Küste Zangueber und
el Madagascar entdeckt und seine Beschreibung 1786 be-
emacht, aber die Nachrichten über seine elektrischen Ei-
ften sind eben so dürftig wie
in Betreff des *Trichiurus electricus*, der schon den äl-
ityologen Willougby[5] und Rai[6] bekannt war und von
ck[7] erwähnt wird.

ne Vergleichung der elektrischen Organe der drei ersten
lieferte Geoffroy in der oben erwähnten Abhandlung, so
r auch noch in den neuesten Zeiten Alex. v. Humboldt[8]
gehaltreichen Aufsatz über alle elektrische Fische ver-
ı.

ie elektrischen Organe oder elektromotorischen Apparate.

ie merkwürdigen Wirkungen, welche die Zitterfische zei-
ıängen von gewissen, ihnen eigenthümlichen Organen ab,
elche sie schon in den früheren Zeiten beim Zitterrochen
n worden sind, und welche daher auch, seitdem die
sche Natur jener Erscheinungen auſser Zweifel gestellt
n, die elektrischen Organe und in neueren Zeiten nach der

Fauna arabica p. 15. Nr. I.

Mém. de l'acad. de Paris 1782.

Annales du Muséum d'hist. nat. I. 392. übersetzt in G.
397.

Phil. Trans. Vol. LXXVI. P. II. No. 9. u. im Goth. Magaz.
. St. 4. S. 48.

Ichtyol. applic. III. 31.

Pisces p. 171. Vgl. Gmelin's Ausgabe von Linnaei Syst. Nat.
I. Pars III. p. 114.

Dessen Indische Reise II. 270.

Sur les Gymnotes et autres Poissons électriques in Ann. de
et Phys. XI. 408.

Aehnlichkeit mit der Volta'schen Säule ihre elektromotori Apparate genannt worden sind. Der Zitterrochen hat nach Réaumür's früheren und den spätern besonders genauen Untersugen Hunter's zwei elektrische Organe. Sie liegen zwi den grofsen halbkreisförmigen Knorpel der Brustflossen Kiemen und der Hirnschale jedes auf seiner Seite. Der L nach reichen sie von dem vordern Ende des Thiers, dessen Länge gewöhnlich 15 bis 20 Zoll beträgt (doch wurde a südlichen Küste von England ein solcher Rochen von dr Fufs Länge gefangen)[1] bis zu dem Querknorpel der die von dem Bauche trennt, und nehmen ungefähr den dritten der ganzen Länge des Körpers ein. In dieser ihrer Ausd füllen sie zugleich die ganze Dicke des Thieres von obe unten aus, sind mit der ordentlichen Haut und unter diese mit zwei besondern Membranen oder Bändern bekleidet, die äufsere aus der Länge nach laufenden Fasern besteht, d unzähligen Stellen durchbohrt zu seyn scheinen, und den der ringsumher mit der Haut verbunden sind; die inne selbe Beschaffenheit hat, doch so dafs ihre Fasern sich e mafsen mit denen der äufsern kreuzen, indem sie von de tellinie des Körpers nach aufsen und rückwärts gehen. diesen beiden Häuten befinden sich nun die eigentlichen O nämlich senkrechte Prismen oder Säulen (*Columns*, Cy von Réaumür genannt) welche die Dicke eines Gänsekie nach Hunter von 0,2 Zoll haben, von einer Seite des K zur andern reichen, und deren Länge nach der verschie Dicke des Fisches verschieden ist, die also nach innen am sten, nach aufsen am kürzesten sind. Die Zahl dieser S ist sich nicht gleich, und zwar bemerkt man diese Verschi heit nicht nur bei verschiedenen Zitterrochen, sondern sie s hauptsächlich auch von dem Alter des Thiers herzukommen dafs etwa, wenn der Fisch an Gröfse zunimmt, immer neue stehen mögen. In demjenigen, welchen Hunter secirte, man 470 in jedem Organe, dagegen in jenem sehr grofsen der Küste von England gefangenen, Rochen sogar 1182 sol Säulen in dem einzelnen Organe. Die meisten dieser Sä sind nach Hunter entweder irreguläre Sechsecke oder Fünfe allein ihre Gestalt bleibt sich nicht gleich, doch will Hunt

1 Phil. Trans. LXVI. 1.

Digitized by Google

cylindrisch gefunden haben. Todd bemerkt von dem
am Vorgebirge der guten Hoffnung, der jedoch eine an-
t zu seyn scheint, dafs die Säulen, in ihrem ganz freien
e, die Gestalt von Cylindern annehmen, und die ver-
e Gestalt, welche sie bei einem horizontalen Durch-
zeigen, von ihrer ungleichen Verbindung unter einander
e Netzsubstanz herrühre. Bei getrockneten Rochen er-
auf der abgezogenen Haut einwärts sechs- und fünfeckige
e, welche von den irregulären Maschen der Membra-
n denen jene Säulen nach aufsen überdeckt sind, her-
welche gegen die Haut gedrückt, jene Eindrücke zu-
n, die der Haut gleichsam das Ansehn eines Bienenwa-
en. Die Häute der Säulen sind sehr dünn, durchschei-
l genau mit einander zusammenhängend, vermittelst ei-
ern Netzgewebes von sehnigten Fasern, die der Quere
l schief zwischen den Säulen laufen.

e Säule ist durch horizontal liegende Theilungen (*par-*
oder Scheidewände getheilt, welche in geringer Ent-
über einander liegen, und eine Menge Zwischenräume
her bilden, welche, wie schon Réaumür genau be-
t, eine dickliche gallerteiweifsartige Flüssigkeit enthal-
durch das Kochen noch dicker wie eine Art Kleister
ie Scheidewände bestehen aus sehr dünnen und durch-
Membranen; ihre Ränder sind unter einander verbun-
l alle hängen mittelst eines feinen zelligen Gewebes an
rn Seiten der Säulen, aufserdem hängen sie noch mit
durch feine Blutgefäfse, die von der einen zur andern
usammen. Eine, einen Zoll lange, Säule eines Krampf-
den man in Weingeist aufbewahrt hatte, enthielt nach
Zählung hundert und funfzig solcher Theilungen, und
l scheint sich bei gleicher Länge der Säulen gleich zu
der Fisch mag so grofs seyn, als er wolle, nur mufs
n gleichen Zustande von Feuchtigkeit seyn, daher wird
inlicherweise, so wie die Säulen mit dem Thiere, wenn
nd gröfser wird, an Länge zunehmen, der Zwischen-
schen je zwei Theilungen verhältnifsmäfsig nicht gröfser,
es bilden sich vielmehr neue Theilungen, die von den
us, welche die elektrischen Organe oben und unten
, hinzukommen. Mit jener Angabe Hunter's von ei-
ufserordentlichen Anzahl von Theilungen stimmt indefs

Réaumür's Angabe, der in der ganzen Länge einer Säule nur 25 bis 30 Theilungen wahrgenommen haben will, nicht ganz überein, wobei es zweifelhaft bleibt, ob vielleicht neben den feinern Theilungen noch gewisse gröbere, mehr in die Augen fallende, vorkommen, so dafs auf jeden Haupttheil wieder 20 bis 30 Unterabtheilungen kommen würden. Diese Theilungen sind voller Gefäfse, die Arterien sind Aeste von denjenigen Gefäfsen der Kiemen, welche das schon durch das Athemholen veränderte Blut fortleiten; sie gehen sammt den Nerven in die elektrischen Organe, wo sie sich an den Seiten der Säulen nach jeder Richtung in unzählige kleinere Aeste verbreiten, und bei jeder Theilung rings um die Säule herum und in selbige hineingehen und mit den benachbarten Aestchen anastomosiren, die Venen kommen in genauer Verbindung mit den Nerven heraus, und laufen zwischen den Kiemen und dem Herzrohre fort.

Die *Nerven*, die sich in jedes elektrische Organ einpflanzen, entspringen in drei grofsen Stämmen von dem Seiten- und hintern Theile des Gehirns. Diese Nerven geben nur einige kleine Zweige an die Kiemen, an denen sie vorbeigehen, ab; der vordere Hauptstamm senkt sich in den vordern, der mittlere in den mittleren, der hintere mit seinen zwei Aesten in den mehr hintern Theil. Sie sind dem *N. Vagus* der vollkommneren Thiere zu vergleichen. Wenn die Nerven in das Organ selbst eingedrungen sind, theilen sie sich nach jeder Richtung zwischen den Säulen, dringen an jeder Theilung mit kleinen Zweigen in diese hinein und verlieren sich so auf den Scheidewänden. Die Stärke und Menge der Nerven, welche die el. Organe nach Verhältnifs ihrer Gröfse erhalten, mufs, wie Hunter treffend bemerkt, eben so erstaunlich vorkommen, als die Erscheinungen, die sie hervorbringen. Die Nerven sind den Theilen des Körpers entweder zur Empfindung oder Bewegung gegeben. Mit Ausnahme der höheren Sinne ist auch beim vollkommensten Thiere kein Theil, welcher im Verhältnifs seiner Gröfse so reichlich mit Nerven versehen wäre, und doch dienen die elektrischen Organe auf keine Weise als eigentliches Empfindungsorgan. Was aber die Bewegung anbelangt, so giebt es keinen Theil eines Thiers, der, so stark und anhaltend auch seine Bewegungen seyn mögen, eine so grofse Menge Nerven besäfse. Man kann daraus mit gröfserer Wahrscheinlichkeit schliefsen, dafs die Nerven eine besondere Beziehung auf die eigen-

chen (elektrischen) Wirkungen der elektrischen Organe möchten.

Der sogenannte *Zitteraal*, dessen erschütternde (elektrische) diejenige des Zitterrochens noch weit übertrifft, hat auch nifsmäfsig mehr ausgedehnte elektrische Organe, wofür wenigstens allen Grund hat, diejenigen, welche den gröfs- eil des Schwanzes dieses Fisches ausmachen, nach ihrer chkeit mit dem elektrischen Organe des Zitterrochens, und em Umstande, dafs die elektrischen Erschütterungen vor- h von dem Schwanze ausgehen, anzunehmen. Wirklich ch derjenige Theil des Körpers, welcher diejenigen Or- nthält, die der Zitteraal mit den Fischen seines Geschlechtes n hat, beträchtlich kleiner, als der Schwanz, welcher die ische Kraft besitzt, und 0,75 der ganzen Länge des Thiers acht, die nach v. Humboldt bisweilen 6 Fufs erreichen soll, enjenigen Thieren, die Hunter beschrieb, jedoch nur et- iber 2 Fufs betrug, und von dem die elektrischen Organe t wieder beinahe die Hälfte und somit mehr als ¼ des gan- Thiers betragen. Es sind deren zwei Paare, ein gröfseres halb und ein kleineres unter demselben gelagert. Jenes t die Hauptdicke des Schwanzes aus und erstreckt sich vom e bis zum Ende des Letztern; jedes einzelne dieses oberen eren Paars ist am breitesten nach vorn, wo es sich gleich- am meisten seitwärts ausdehnt, wird nach hinten schmäler, endigt sich fast in eine Spitze. Die beiden Organe, die s Paar bilden, sind oberwärts durch die Rückenmuskeln einander getrennt, welche ihre oberen Ränder in einer be- tlichen Entfernung von einander halten, unter diesen und n die Mitte zu sind sie durch die Schwimmblase von einan- geschieden, und an ihrem untern Theile durch eine mem- öse Scheidewand. Das kleinere Organ liegt längs dem un- Rande, und hat beinahe dieselbe Ausdehnung in der Länge das gröfsere Organ. Das vordere Ende jedes einzelnen Or- (die beide zusammen das kleinere Paar bilden) beginnt bei- e in gleicher Linie mit dem gröfseren, gerade da, wo die ge Schwanzflosse des Thiers ihren Anfang nimmt, und en- nahe am Ende des Schwanzes, wo auch das gröfsere auf- t. Es hat eine dreieckige Figur gemäfs den Theilen, in wel- n es liegt. Sein vorderes Ende ist das schmälste; dann wird breiter, in der Mitte ist es am dicksten und von da an wird

es dünner, bis es am Ende in eine Spitze ausläuft. Die beiden kleineren Organe sind von einander durch die mittleren Muskeln getrennt, und durch die Beine, in welchen die Gräten der Flossen artikulirt sind. Das grössere (breitere) und kleinere Organ auf jeder Seite sind durch eine Membrane von einander geschieden, deren innerer Rand an der Mitteltheilung befestigt ist, und der äufsere sich in die Haut des Thiers verliert. Um das größere Organ ansichtig zu machen, ist nichts weiter nöthig, als die Haut zu entfernen, welche durch ein lockeres Zellgewebe daran hängt. Um aber das kleinere Organ darzulegen, ist erforderlich, die lange Reihe von kleinen Muskeln zu entfernen, welche die Flosse bewegen.

Die Structur dieser Organe ist sehr einfach und regelmäßig; sie bestehen aus zwei Theilen, nämlich den flachen Theilungen *(partitions)* oder Wänden *(septa)* und den zwischen ihnen quer übergehenden Theilungen *(cross divisions)*. Die äufseren Ränder von jenen Wänden sehen auswendig aus wie Linien, die fast parallel mit der Länge des Thiers gehen. Diese Wände sind dünne, beinahe parallel mit einander laufende Häute. Sie gehen der Länge nach mit der Längenaxe des Thiers fast in einer Richtung und ihre Breite kommt beinahe mit dem halben Durchmesser seines Körpers an jeder Stelle überein. Sie sind von verschiedener Länge, einige von ihnen sind fast so lang als das ganze Organ. An dem vordern Ende des Organs nehmen sie ihren Anfang, einige wenige ausgenommen, welche an dem obern Rande desselben beginnen, sie gehen zusammen hinterwärts, und endigen sich allmälig an der untern Fläche des Organs, und diejenigen, welche am weitesten unterwärts anfangen, zuerst. Ihre Breite ist ebenfalls an verschiedenen Stellen des Organs verschieden. Am breitesten sind sie gemeiniglich nicht weit von ihrem vordern Ende. Hier sind sie nämlich so breit als der dickste Theil des Organs, nach dem Schwanze zu werden sie immer schmäler, jedoch auch ganz vorne, wo sie anfangen, sind sie sehr schmal. Diejenigen, welche den Rückenmuskeln am nächsten liegen, sind am breitesten, weil sie sich nach der Lage dieser Muskeln heraufwärts krümmen, nach unten zu werden sie aber allmählig schmäler. Dieses rührt größtentheils davon her, weil sie mehr schief gehen, auch das Organ an dieser Stelle schmäler wird. Sie haben einen äufsern und innern Rand. Der äufsere hängt an der Haut des Thieres, an

:itenmuskeln der Flossfedern, und an der Membrane, das grosse Organ von dem kleinen trennt, ihre inneren aber sind alle an der mittleren Theilung, auch an der ımblase fest, und drei oder vier endigen sich an der Flä- elche die Rückenmuskeln begränzt. Diese Wände sind n äussern Rändern, nahe an der Haut, an der sie fest- , am weitesten von einander entfernt; so wie sie aber r Haut nach ihrer inneren Befestigung hingehen, kom- wieder näher zusammen; ja man findet bisweilen zwei vereinigt. Es ist schon bemerkt, dass sie an der Seite, Rückenmuskeln liegen, von einem Rande nach dem an- eraufwärts gekrümmt sind, indem sie sich nach der Ge- eser Muskeln richten; allein dieses findet nach der Mitte gans zu (von oben nach unten genommen) immer weniger und von hier nach dem untern Theile des Organs krüm- e sich nach der entgegengesetzten Richtung. Am vordern des grossen Organs, wo es fast gleiche Breite hat, gehen t einander ganz parallel (nämlich in Beziehung auf die ndimension) folglich auch ganz gerade fort; wo aber das schmäler wird, da siehet man sie sich an einigen Stellen igen, besonders da, wo ein Nerv quer durchgeht. Das dieses Organs am Schwanze ist so schmal, dass HUNTER velchem diese Beschreibung wörtlich entlehnt ist) nicht .men konnte, ob es aus einer oder mehreren Wänden be- Der Abstand dieser Wände von einander ist wahrschein- ach der Grösse der Fische verschieden. Bei einem Fische, er zwei Fuss und vier Zoll lang war, fand HUNTER, dass Zoll von einander entfernt waren, und die Breite des ı Organs (richtiger die Höhe) betrug da, wo es am brei- war, etwa 1,25 Zoll, und in diesem Raume fanden sich nd dreissig Wände.

)as kleinere Organ hat eben solche Wände, welche in der : von dem einen Ende zum andern und in der Breite gerade ıbergehen; sie laufen etwas schlangenförmig nicht in gera- ,inien. Ihre äussern Ränder endigen sich an der äussern des Organs, welche an die innere Seite der Muskeln der feder stösst, und ihre inneren Ränder kommen mit den .eln in der Mitte in Berührung. Der Breite nach sind sie verschieden, die breiteste kommt mit der einen Seite des ngels, den das Organ hier bildet, überein, und die schmal-

Digitized by Google

ste ist kaum breiter wie die Spitze oder der Winkel dessel Sie stehen fast gleich weit von einander ab, aber sie sind näher beisammen, als die Wände des grofsen Organs, ihre Entfernung von einander beträgt etwa $\frac{1}{56}$ Zoll. Nach Schwanze zu liegen sie aber weiter von einander, so wie Organ selbst sich erweitert. Das Organ selbst ist etwa halben Zoll breit (hoch) und hat vierzehn Wände. An Organen sind diese Wände sehr zart, und lassen sich zerreifsen; sie scheinen mit den Säulen des Zitterrochens lei Bestimmung zu haben, indem sie den Unterabtheil gleichsam zur Befestigung und Unterstützung dienen, kann sie als eben so viele besondere Organe ansehen. Wände werden durch dünne Häute in die Quere durch ten, deren Breite sich immer nach der Entfernung rich welcher zwei Wände von einander abstehen; mithin ist verschiedenen Stellen verschieden. Am breitesten sind dem Rande, welcher der Haut, und am schmalsten an welcher der mittleren Theilung, die beide Organe von ein trennt, am nächsten ist. Ihre Länge kommt ganz mit der der Wände, zwischen denen sie liegen, überein. Zw zweien solchen Wänden gehen sie immer in einer orden Reihe fort, von einem Ende desselben bis zum andern liegen so nahe an einander, dafs sie sich fast zu berühren nen. Innerhalb des Raumes eines Zolles in der Länge man gegen 240, mithin machen sie im Ganzen eine sehr Fläche aus.

Diese Organe sind mit Nerven aus dem Rückenmark sehen, und diese kommen paarweise zwischen den Rück wirbeln heraus. Sie versorgen auf ihrem Fortgange sow Muskeln als die Haut, und verlieren sich in sehr feine zweigungen in den el. Organen. In Rücksicht auf ihr hältnifsmäfsige Gröfse gilt dasselbe, wie beim Zitterrochen, dafs sie bei diesem relativ noch ansehnlicher sind. Viel cher als bei diesen beiden Arten ist der Bau des elektr Organs bei dem *Zitterwels* nach Geoffroy's Untersuchung umgiebt nämlich hier den ganzen Körper, liegt unmittelbar ter der Haut und ist aus einer beträchtlichen Schicht Zellg gebildet, welches so fest und dicht ist, dafs man es auf ersten Blick für eine Lage Speck halten könnte. Betrachtet es aber genauer, so sieht man, dafs dieses Organ aus

sehnichten oder aponevrotischen Fasern besteht, die sich
l durchkreuzen und so ein Netz bilden, dessen Geflechte
ıur durch eine Loupe deutlich sehen kann. Die kleinen
oder Maschen dieses Netzes sind mit einer eiweiſs- und
artigen Flüssigkeit ausgefüllt. Mit den inneren Theilen
ı sie in keiner Verbindung stehen, da eine sehr starke
ıhaut sich über das ganze elektrische Organ ausbreitet,
emselben so fest anhängt, daſs man sie nicht davon tren-
ınn, ohne sie zu zerreiſsen. Uebrigens hängt diese Seh-
ıt mit den Muskeln nur durch wenig lockeres Zellgewebe
men. Die Nerven, welche zu diesem Organe gehen, kom-
ıus dem Gehirne und sind dieselben, die nach Cüvier bei
Fischen unmittelbar unter die Seitenlinie gehen, und ana-
en Nerven des achten Paares (*N. Vagus*) bei den höheren
en. Im Zitterwelse haben aber diese beiden Nerven des
ı Paares einen eigenthümlichen Verlauf und eine ausge-
ıete Dicke. Sie nähern sich einander bei ihrem Austritte
em Hirnschädel, und steigen zum Körper des ersten Wir-
ins zurück, durch welches sie hindurchgehen. Sie dringen
durch eine eigene Oeffnung in ihn ein, und gehen dann
auf der entgegengesetzten Seite durch eine gemeinschaft-
Oeffnung heraus, entfernen sich plötzlich und gehen unter
itenlinie hinab, dann laufen sie zwischen den Bauchmus-
ınd der sehnigten Membrane, die sich über das elektri-
Netz ausbreitet, hin, und dringen endlich bis unter die
mittelst groſser Aeste, die rechts und links vom Stamme
erven abgehen. An jeder Seite sind 12 bis 15 solcher
welche die Sehnenhaut durchbohren, bis sie mitten in das
tige Gewebe hineindringen, und sich durch dasselbe ver-
ı.

o verschieden diese elektrischen Organe auch dem äuſsern
ke nach erscheinen, so haben sie doch in vieler Hin-
Aehnlichkeit und im Wesentlichen eine gleichartige Struc-
Die el. Fische sind die einzigen, bei denen man so aus-
tete und so viele Sehnenhäute antrifft, zu Zellen gebildet,
lchen sich eine eigenthümliche eiweiſs-gallertartige Flüs-
befindet, und zu welchen ansehnlichere Nerven wie zu
einem andern Organe gehen. Insbesondere ist bei den
ı ersten Arten noch eine merkwürdige Regelmäſsigkeit in
nordnung der Zellen auffallend, vermöge welcher sie

Digitized by Google

einigermaſsen eine Vergleichung mit einer Volta'schen Säule : lassen, eine Aehnlichkeit, die jedoch in der dritten Art we ger bestimmt nachzuweisen ist, und auf welche ich in den th retischen Betrachtungen wieder zurückkommen werde.

Fig. 51. Zur Versinnlichung der elektrischen Organe sowohl Zitterrochens als des Zitteraals möge die Abbildung eines Dur schnittes der el. Organe dieser beiden Fische dienen, wel aus den beiden musterhaften Abhandlungen von John Hunt entlehnt sind. Die Figur stellt einen Querschnitt in der größ Dicke des Schwanzes des Zitteraals dar: gg die beiden gro elektrischen Organe, wo die feinen Striche die zahlreichen terabtheilungen jeder Hauptabtheilung sichtlich machen, pp beiden kleineren elektrischen Organe, v die Schwimmbl mmmm Längenmuskeln, n die Wirbelsäule, d die äuß Oberfläche der Haut von der einen Seite, c die Afterflosse.

Fig. 52. andere Figur bezeichnet einen senkrechten Schnitt des Zit rochens hinter den Einathmungsöffnungen; AA die Oberfl des Fisches, BB die Muskeln des Rückens, wie sie durch Schnitt eingetheilt sind, C das Rückenmark, D der Oesopha E die linke Kieme zerschnitten, um den Verlauf eines Nerv stammes durch dieselbe darzulegen; F die athmende Oberfl der rechten Kieme, GG die Flossen, HH die senkrechten len oder Prismen, welche das elektrische Organ ausmachen einer Darstellung ihrer horizontalen Theilungen, I einen den Nervenstämmen mit seinen Verzweigungen.

III. Wirkungen, welche von den elektrischen Organen abhängen. Elektrischer Charakter derselben.

Wir wollen die Wirkungen, die von jedem der beiden e trischen Fische, über die allein genauere Erfahrungen in ser Hinsicht gemacht worden sind, besonders betrachten, sie bei allem Gemeinschaftlichen doch wieder in Absicht Stärke, Art und der bedingenden und begleitenden Umstä manches Eigenthümliche haben.

Was zuerst die *Empfindungen* betrifft, die der *Zitterro* erregt, so werden sie von den verschiedenen Beobachtern

1 Vgl. Phil. Tr. LXV. 407. und LXIII. 489.

Digitized by Google

erschieden angegeben, was nicht zu verwundern ist, da ıdungen, die sich auf das Gemeingefühl beziehen, überschwer zu beschreiben sind. In dieser Hinsicht wird die e derjenigen Beobachter interessant, denen die elektri-Erschütterungen noch nicht bekannt waren, und die daıch ohne vorgefaſste Idee einer Aehnlichkeit mit diesen faſsten. Réaumür beschreibt die ihm erregte Empfindung ıe Betäubung (engourdissement), die sich plötzlich ganzen Armes und der Hand bis zur Schulter bemächtiglbst den Kopf etwas ergriff, aber von einer gewöhnlichen ɔung, namentlich von jener, welche man das *Einschlafen* lieder nennt, ganz verschieden gewesen sey, begleitet von starken, jedoch dumpfen Schmerze, wie wenn die Finınen plötzlichen Schlag erhalten hätten, als eine Empfin-, die unter den ihm damals bekannten mit derjenigen noch ıeisten Aehnlichkeit habe, die man erleidet, wenn man nit dem Elbogen etwas stark an einen harten Körper gen hat. Seit Walsh hat man die Schläge mit elektrischen ıütterungen verglichen, namentlich Walsh selbst mit der-ɜn einer schwach geladenen Leidner Flasche, und an einem n Orte bemerkt er, daſs schnell auf einander folgende kleine er Schläge dieselbe Betäubung oder Erstarrung, wie der ɾochen, bewirke. Gay-Lüssac und Humboldt äuſsern lahin, daſs die Empfindung derjenigen des Entladungs-ɟes einer Leidner Flasche zwar gewissermaſsen analog, aber wesentlich von ihr verschieden sey, durchdringender, lsivischer, schmerzhafter, und wenn der Fisch schon kraft-ʏy, dem Gefühle des Sehnenhüpfens ähnlich[1]. An einem ı Orte findet Humboldt eine besondere Aehnlichkeit der ndung, die der Zitterroche verursacht, und der schwä-ı Schläge des Zitteraals mit jenem schmerzhaften Erbeben ıissement), von dem er bei jedesmaliger Berührung ei-ink- und Kupferplatte unter einander, die an Wunden ɛirt waren, die er sich auf dem Rücken durch Blasenpflaster cht hatte, ergriffen wurde. Configliachi endlich[2] findet Empfindung in den Händen und Armen bei gleichzeitiger ırung des Bauchs und Rückens des Fisches ganz überein-

G. XII. 3.
a. a. O. S. 654.

stimmend mit derjenigen, welche eine mit Kochsalz aufgeba Volta'sche Säule von 30 Platten-Paaren und darüber erth Ein alter und ziemlich grofser Zitterrochen zu Genua wirkte Gardini[1] so stark, dafs er ihn nicht nur zu Boden warf, s dern auch in seinen Gliedern eine gröfsere Erstarrung und la Zeit fortdauernden beschwerlichern dumpfen Schmerz zurü liefs, als ihm je elektrische Erschütterungen von einer Lei Flasche verursacht hatten.

Die Stärke der Erschütterung oder Betäubung hängt in sehr von der verschiedenen Art ab, wie man mit dem Fisch Verbindung kommt, so wie von der Stärke des Fisches se Was das Erstere betrifft, so sind vorzüglich diejenigen l stände zu berücksichtigen, welche auf die besondere Rolle elektrischen Organe bei Ertheilung der Erschütterungen hin sen. Walsh[2] hat zu scharf als wesentlich nothwendige Be gung zur Erhaltung der Erschütterung aufgestellt, dafs zwis der oberen und unteren Fläche eines oder beider Organe Verbindung (*intercourse*) sey, und dafs keine Erschütte durch eine isolirte Person erhalten werde, wenn diese die gane nur oben oder unten berühre. Diesem widersprecher späteren Beobachtungen namentlich die von Spallanzani, (Lüssac und Humboldt. Ersterer bemerkt ausdrücklich, wenn er isolirt war, und der in der Luft befindliche Fisch an einer einzigen Fläche mit der Hand berührt wurde, er e jedoch nur schwachen, Schlag erhielt, womit auch Gay-Lü und Humboldt übereinstimmen. Berührt man bei einem lirten Fische zugleich beide Organe an der oberen Fläche mit zwei Fingern an den gleichen Stellen, so empf man den Schlag von jedem elektrischen Organe besonders, weilen aber auch nur von einem, und zwar geht in d Falle die Empfindung nicht über den Finger hinaus. Indefs diese einseitige Berührung stets an dem Organe selbst oder nigstens ganz in ihrer Nähe statt finden, denn fafst man z. der Luft den Fisch am Schwanze an, so erhält man nie ein schütterung, wie schon Réaumür bemerkt hat; auch b Todd nie einen Schlag, wenn er den Fisch an den Ende Seitenflossen hielt. Doch sind sie nach den übereinstimme

1 De electrici ignis natura. Mantua 1792. §. 71.

2 a. a. O. 472.

rungen aller Beobachter, namentlich Gay-Lussac's und
mboldt's stets am stärksten, wenn man beide Organe
auch nur eines an der obern und untern Fläche zugleich
rt, und der Schlag ist in dem Verhältnisse stärker, in wel-
die Berührungsfläche gröfser ist, stärker also, wenn man
l. Organe mit der flachen Hand, als wenn man sie mit den
n Fingerspitzen berührt. Indefs ist der Schlag in diesem
nicht in beiden Händen gleich stark, sondern immer stär-
derjenigen, welche den Rücken berührt, und Spallan-
will sogar gewöhnlich in derjenigen Hand, welche den
berührte, keinen Schlag empfunden haben. Er bemerkt
dafs er bei der Berührung nur der einen Fläche, wenn er
isch an der Brust stach, keinen so starken Schlag erhalten
, als wenn er den Rücken reizte. Doch bemerkt er an
n andern Orte, dafs, als er einmal mit der Hand die untere
e rieb, indem er die obere zugleich berührte, nur jene mit
chlufs von dieser den Schlag erhalten habe. In allen Fäl-
wenn beide Hände bei einer solchen Berührung einen Schlag
ten, ist er gleichzeitig. Auch Configliachi bemerkte eine
chiedenheit der Empfindung, je nachdem er mit der Hand
auche oder am Rücken schlofs, ganz ähnlich derjenigen,
man bei einer Volta'schen Säule am negativen oder posi-
Ende schliefst, was also gleichfalls die stärkere Empfin-
auf die Seite des Rückens hinweist.

Allezeit sind die Schläge stärker, wenn man es nicht bei
lofsen Berührung bewenden läfst, sondern die Haut des
es auf irgend eine Weise reizt, durch Drücken (doch will
nhousz bei mehr oder weniger starkem Drucke seiner Fin-
eine Veränderung in der Stärke der Schläge bemerkt ha-
, Reiben, am sichersten aber durch Stechen. Auf diese
zählte Spallanzani 23 Schläge in einer Minute, wovon
letzte eben so stark als der erste war. Dasselbe bemerkt
Ingenhousz, und sogar dafs, wenn die Schläge schnell
inander folgten, sie statt schwächer zu werden, vielmehr
er wurden, es mochte das Thier sich im Wasser oder in
Luft befinden. Walsh erhielt in einer Minute 100 Schläge,
m der Rochen zwischen beiden Händen gehalten, abwech-
l aus der Luft unter Wasser bis auf einen Schuh unterge-
t und wieder emporgehoben wurde, und zwar die stärk-
jedesmal in dem Augenblicke, da der Fisch bei diesem

Auf- und Abwärtsbewegen die Oberfläche des Wassers berüh
und wieder aus demselben auftauchte.

Unmittelbarer auf die elektrische Natur des hierbei statt l
benden Vorganges deuten folgende Verhältnisse. Die Schl
sind in der Luft unter übrigens gleichen Umständen um vi
stärker als unter dem Wasser, nach Walsh wohl viermal st
ker. Unmittelbare Berührung des Fisches ist nicht nöthig,
die Erschütterungen zu erhalten. Schon Réaumür beme
dafs, als er den Fisch mit seinem Stocke berührte, er eine, w
gleich viel schwächere Erschütterung empfand. Walsh fi
an, dafs als ein Zitterrochen in einem Korbe mit einem N
oberwärts bedeckt, drei Zolle unter der Oberfläche des W
sers gehalten wurde, bei der Berührung desselben mit ei
kurzen, halb unter dem Wasser halb über demselben befin
chen, eisernen Bolzen, wenn man diesen mit der einen H
anfafste, während die andere in einiger Entfernung vom Fis
unter das Wasser getaucht war, starke Schläge in beiden H
den empfunden wurden. Ja, wenn an diesem Bolzen nur
feuchter hanfener Strick befestigt, und in der Hand über
Wasser gehalten wurde, erhielt Walsh Schläge. Auch Sp
lanzani bestätigt die Beobachtung einer Mittheilung der
schütterungen bei mittelbarer Berührung des Fisches durch ei
andern Körper, doch mufste derselbe ein Leiter der Elektri
seyn, aber es war auch in diesem Falle die Erschütterung
schwächer als bei unmittelbarer Berührung. Schon nasses T
oder ein nasses Netz leiteten den Schlag, der jedoch, w
diese Körper trocken waren, verhindert wurde. Walsh
richteten die Fischer, dafs beim Fischfange sie oft schon in
ner Tiefe von 12 Fufs durch die Erschütterungen, die sie
hielten, die Anwesenheit des Zitterrochens im Netze erken
Wurde die Oberfläche der elektrischen Organe mit Baumöl
strichen, so wurde der Schlag nach Spallanzani denn
durchgeleitet. Damit läfst sich die Beobachtung Gay-Luss
und Humboldt's immer noch vereinigen, dafs bei der Be
rung mit den besten metallischen Leitern keine Erschütte
erhalten werde. Dieses gilt nämlich nur für den Fall, w
blofs eine einseitige Communication mit dem Fische statt fi
und dieser oder der Mensch übrigens isolirt ist, denn in
Versuchen von Walsh mit dem eisernen Bolzen fand ein w
licher Leitungskreis durch die Hände und das Wasser von

Digitized by Google

zur untern Fläche statt. Wenn daher GAY-LÜSSAC und
MBOLDT den Zitterrochen mit der unteren Fläche der
schen Organe auf eine metallene Schüssel legten, so em-
n sie, wenn sie die Schüssel in der Hand hielten, nie
Schlag, selbst wenn eine andere Person, die isolirt war,
sch reizte, und die convulsivischen Bewegungen der
ossen die stärksten Entladungen des el. Fluidums anzeig-
Berührte dagegen derjenige, welcher die Schüssel hielt,
r andern Hand die obere Seite der el. Organe, so fühlte
beiden Armen zugleich einen heftigen Schlag. Dasselbe
r Fall, wenn der Fisch zwischen zwei metallenen Schüs-
ig, deren Ränder sich nirgends berührten, und man dann
ide die Hände brachte. Berührten sich aber die beiden
seln in irgend einem Puncte, so fühlte man nichts. Hier
also der eine metallische Entladungskreis vollkommen hin-
nd zur vollständigen Entladung, gerade so wie die Hand,
e den metallenen Auslader hält, durch welchen man die
n Belegungen einer geladenen Leidner Flasche mit einander
rbindung bringt, bei der Entladung nichts empfindet. In-
kann doch auch beim Rochen, wie bei einer Leidner Fla-
die Entladung durch mehrere Canäle zugleich geleitet
n, wenn jeder einzelne Entladungskreis aus unvollkom-
n Leitern besteht, wo dann aber die Erschütterung in dem-
1 Verhältnisse mit der Menge solcher Kreise für die Ein-
n geschwächt wird. Nach WALSH bekamen vier Personen,
f einmal einen Zitterrochen anrührten, gleichzeitig Schläge,
jeder einzelne nur schwach. Bemerkenswerth ist noch bei
littheilung der Erschütterung durch Zwischenleiter, dafs das
er für sich allein diesen Dienst zu leisten nicht im Stande
GAY-LÜSSAC und HUMBOLDT bemerken ausdrücklich,
so lebhafte Erschütterungen man auch unter dem Wasser
t, doch die unmittelbare Berührung der Organe wenigstens
ner Stelle (oder nach WALSH wohl auch mit einem sonsti-
guten Leiter) erforderlich sey, und dafs die Wirkung nie
ge, wenn auch eine noch so dünne Wasserschicht den sich
nden Finger von dem Organe trenne. Da jedoch der viel
ere Zitteraal auch unter dieser Bedingung Schläge ertheilen
, so liefse sich wohl auch für sehr kräftige Zitterrochen das
entheil davon voraussagen, und die Bedingung kann also nur
eine relative angesehen werden.

Die Erschütterung kann in mehreren Personen zugleich her-vorgebracht werden, wenn sie auch nicht unmittelbar den Fisch berühren, sondern nur einen leitenden Kreis bilden, dessen äuſserste Glieder mit den Organen des Fisches in unmittelbarer Berührung sind. Dieser Versuch nun war es vorzüglich, der die *elektrische* Natur dieses Vorganges am meisten ins Licht stellte, und den wir zuerst in seiner ganzen Reinheit und mit der bestimmten Vergleichung mit dem gleichen Verhalten bei der Entladung einer Leidner Flasche John Walsh verdanken. Dieser interessante Versuch wurde zum erstenmal vor den Mitgliedern der Akademie zu Rochelle den 22. Juli 1772 unter folgenden Umständen angestellt. Ein lebender Zitterrochen lag auf einem Tische. Um einen andern Tisch herum standen fünf Personen isolirt. Zwei messingene Drähte, jeder 13 Fuſs lang waren durch seidene Fäden an der Decke des Zimmers aufgehängt. Einer der Drähte ruhete mit dem einen Ende auf dem nassen Teiche, auf welchem der Fisch lag, das andere tauchte in ein mit Wasser gefülltes Becken, das mit vier andern solchen Becken auf dem andern Tische stand. Die erste Person steckte den Finger der einen Hand in das Becken, in welches der Draht eingetaucht war, und den Finger der andern Hand in das nächst folgende Becken. Auf gleiche Weise steckten die übrigen Personen ihre Finger in die übrigen Becken, so daſs sie alle durch das Wasser in den Becken mit einander in Verbindung standen, in das letzte Becken war das eine Ende des andern Messingdrahtes eingetaucht, und mit dem andern Ende berührte Walsh den Rücken des Fisches, und in demselben Augenblicke fühlten also fünf Personen eine Erschütterung, die nur an Stärke von derjenigen einer Leidner Flasche abwich. Walsh, der sich selbst nicht in dem Erschütterungkreise befand, erhielt auch keinen Stoſs. Derselbe Versuch wurde auch mit 8 Personen wiederholt. Sobald dieser Kreis durch Nichtleiter der Elektricität wie Glas, Siegellack u. d. gl., womit eine der Personen in das Wasser eintauchte, unterbrochen wurde, so blieb auch die Erschütterung aus. Ein gleicher Versuch wurde auch von Spallanzani desgleichen von Gay-Lussac und v. Humboldt mit demselben Erfolge wiederholt.

Bei dieser vollkommenen Uebereinstimmung mit dem Leidner Versuche war nun zu erwarten, daſs man auch einen wirklichen el. Funken bei dem Durchgange des el. Fluidums durch

sen Kreis erhalten würde, wenn man irgendwo eine Unterchung anbrächte, die nicht zu groſs wäre, um den Durchch der Elektricität zu verhindern. WALSH machte aber in ser Hinsicht vergebliche Versuche, denn auch die kleinste nnung, welche in einem auf Siegellack geklebten und zur tung dienenden Streifen Stanniol durch einen höchst feinen nitt mit dem Messer angebracht war, hinderte die Entladung. n so wenig konnten andere Naturforscher wie SPALLANZANI, Y-LÜSSAC und HUMBOLDT und CONFIGLIACHI den kleinsten iken hervorlocken. Letzterer erwähnt zwar eine Empfindung Licht oder vorübergehenden Schein[1], welche der Zitterhen gewährte, es ist aber nach dem ganzen Zusammenhange runter nur jene subjective Lichtempfindung zu verstehen, wele sowohl einfache Ketten als Volta'sche Säulen, wenn ihr el. om durch das Auge selbst oder demselben nahe liegende eile geleitet wird, hervorbringen, eine übrigens höchst inssante Beobachtung, wobei man nur zu bedauern hat, daſs FIGLIACHI nicht die näheren Umstände seines dabei befolg- Verfahrens angegeben hat. Nur der einzige GARDINI will dem oben erwähnten Zitterrochen, der auf einem Isolirte lag, indem er ihm jene heftige Erschütterung ertheilte, wirklichen Funken gesehen, und das ihn begleitende Kni- gehört haben, und mit ihm auch die andern Anwesenden. t indeſs nicht näher angegeben, an welcher Stelle der Funke Vorschein kam, und welche Vorrichtungen gemacht wurum ihn wahrnehmen zu können, und so bleibt diese isolastehende Beobachtung höchst problematisch. Diese auch h die kleinste Unterbrechung des Leitungskreises durch ei- Nichtleiter schon eintretende Hemmung des Durchganges ierbei thätigen el. Fluidums stimmt auch mit einem Ver- GAY-LÜSSAC's und v. HUMBOLDT's überein, welchem ge auch die Lichtflamme die Durchleitung der Erschütteunterbricht, wenn z. B. zwei Personen, die zwischen ihechten Händen den Zitterrochen hielten, statt sich die linke zu geben, zwei Metallstäbe in eine Lichtflamme steckten. gen wurde die Erschütterung sogleich empfunden, wenn denselben Umständen die Stäbe nur in einen Wassern eingetaucht waren. Auch anderweitige unzweifelhafte

[1] a. a. O. S. 654.

Digitized by Google

Erscheinungen von Elektricität und namentlich von freier S nung, von el. Polen u. s. w. haben bis jetzt auf keine W beim Zitterrochen wahrgenommen werden können, namen keine Anziehungen oder Abstoſsungen auch nicht der leicht Körperchen, keine Wirkung auf die empfindlichsten Elektr ter, auch nicht mit Hülfe der besten Condensatoren, keine dung von Flaschen oder Batterien, in welcher Hinsicht s die frühern Versuche von WALSH, INGENHOUSZ und SPAL ZANI einen negativen Ausschlag gaben, die neuesten Ver GAY-LÜSSAC's und HUMBOLDT's, vorzüglich aber CONFIG CHI's ganz entscheidend sind. Letzterer hat sich besonder müht, die Elektricität in dem Augenblicke, wo der Fisch Erschütterung mittheilt, im Condensator aufzusammeln, inde richtig bemerkt, daſs die el. Organe im gewöhnlichen Zust des Fisches ohne freie Elektricität sind, und die Elektricitä in dem Augenblicke, wo der Fisch durch irgend einen beson Mechanismus diese Organe in Thätigkeit setzt, dargeboten w Er veranlaſste daher den Zitterrochen durch Stechen, Reizen Drücken zu Entladungen, aber auch in diesem Falle zeigt Condensator keine Spur von ihm mitgetheilter Elektricität.

Nach allem diesen ist es daher nur durch ein gänzli Miſsverstehen gewisser Aeuſserungen der oft citirten Schrift ler begreiflich, wenn KÜHN[1] anführt, der Krampfrochen h nach WALSH zwei Oberflächen, welche sich wie bei der L ner Flasche in dem Zustande entgegengesetzter Elektricitäten finden, sein Rücken habe + E und sein Bauch — E, f es ziehe dieser Fisch leichte Körper an und stoſse sie wi zurück, auch könne man einen el. Funken bei ihm wahrn men, welche Entdeckung WALSH gleichfalls bei dem Kra rochen gemacht habe, in welcher letzteren Hinsicht das O berstück des Journal de Physique vom Jahre 1776 citirt w wo jedoch nicht von einem Funken des *Zitterrochens*, son des *Zitteraals* die Rede ist. RITTER hat sich ohne Zw durch KÜHN, dessen Schrift er citirt, gleichfalls verführen sen, den gleichen Irrthum zu wiederholen, wenn er s WALSH sah den Krampfrochen leichte Körperchen anziehen abstoſsen, und fand, daſs sein Rücken + E und sein Bauch -

1 Geschichte der medicinischen und physischen Elektri 1785. II. 40. 41.

Walsh hat aber in der That nichts von alle dem be-
, sondern nur nach gewissen Analogieen des Verhal-
beiden Oberflächen der el. Organe des Zitterrochens
Belegungen einer Leidner Flasche als Hypothese aufge-
ıſs sie in einem gleichen entgegengesetzten el. Zustande
ıden möchten. Nur der einzige Berthollet führt an [1]:
ıe an einem seidenen Faden hängende Kugel ihm zwi-
vei eisernen Drähten, die mit dem Rücken und Bauche
ıes communicirten, hin und her zu spielen geschienen
aber nur während der Zeit der Entladung des Fisches,
ıst feiner und schwieriger Versuch, wie er hinzufügt,
et er von mehreren sonstigen mit dem Zitterrochen von
gestellten Versuchen, von denen er in einem andern
handeln werde. Da er indeſs nichts weiter davon be-
ɜmacht, auch zu dem an ihn gerichteten Aufsatze Hum-
; und Gay Lüssac's, in welchem alle Anziehungen und
ıngen leichter Körperchen durch den Krampfrochen ge-
werden, keine weitere Anmerkung hinzugefügt hat, so
ıt zu bezweifeln, daſs er selbst in seine frühere Beobach-
ɜin Vertrauen mehr gesetzt habe.

e Erfahrung Galvani's, daſs, wenn man präparirte Frosch-
ɜl so wie auch Froschherzen auf den Rücken eines Zitter-
; legt, in dem Augenblicke, daſs dieser die Erschütterung
lt, jene in Zuckungen gerathen, ist noch das einzige ei-
ıſsen hieher gehörige weitere Zeichen von der el. Natur
rbei thätigen Princips, und um desto mehr, da auch darin
ıllkommene Uebereinstimmung mit dem Verhalten der ge-
chen E. statt findet, daſs durch jene Entladung eben so
i einem gewöhnlichen el. Funken oder einem schwachen
ıme die Muskeln im Augenblicke der Entladung (nämlich
ttheilung der Erschütterung), das Herz dagegen erst einige
blicke nachher, und bei schwächeren Entladungen, so wie
einen schwächeren el. Strom nur die willkürlichen Mus-
das Herz dagegen nicht in Bewegung gesetzt werden.

Zum Schlusse dieser, die el. Natur des Vorganges betref-
, Verhandlungen bemerke ich noch, daſs ohne Zweifel,

De l'Électricité du Corps humain dans l'état de santé et de
e. Tome I. Paris 1786. 8. p. 173.

(wie auch Ritter[1] vorgeschlagen hat) die einzige sichere Methode, Zeichen von freier el. Spannung zu erhalten, darin bestehen würde, den Zitterrochen sich in el. Batterieen von grofser Capacität entladen zu lassen, indem man seinen Bauch in eine gut leitende Verbindung mit der äufsern Belegung, und die innere Belegung durch einen Draht in eine nur augenblickliche oder wenigstens schnell vorübergehende Berührung mit dem Rücken brächte, indem man den Fisch zu gleicher Zeit zur Ertheilung des Schlages reizte. Ohne Zweifel würde die Batterie dann zu einer wahrscheinlich höchst schwachen Spannung geladen werden, die man durch Hülfe des Condensators merklich machen könnte.

Bei der Ertheilung der Erschütterungen verhält sich der Fisch auf keine Weise blofs passiv, so dafs er gleichsam in seinen el. Organen nur eine geladene el. Batterie oder Volta'sche Säule darstellte, die man beliebig entladen könnte, sondern er ist auf eine sehr auffallende Weise activ, und dieses leitet uns noch zur Betrachtung des Verhältnisses, in welchem diese Erscheinungen mit der Willkür des Thiers und mit seiner Lebenskraft überhaupt stehen.

Man erhält vom Zitterrochen nicht immer einen Schlag, wenn man ihn berührt, selbst nicht wenn man ihn mit beiden Händen am Rücken und Bauche zugleich anfafst, wie kräftig er auch sey. Man mufs ihn reizen, damit er den Schlag ertheile, und diese Wirkung hängt ganz von seiner Willkür ab. Darin stimmen alle Beobachter mit einander überein, von Réaumür an, der auf eine sehr unterhaltende Weise erzählt, wie er von seinem Zitterrochen getäuscht worden sey, so dafs er an ihm verzweifelte, dafs er Schläge ertheilen könne, da er ihn längere Zeit unter dem Wasser auf allerhand Weise mit seinen Händen manipulirt habe, ohne etwas zu empfinden, dann aber plötzlich einen äufserst heftigen Schlag erhielt, bis zu den neuesten Beobachtern Gay-Lussac, v. Humboldt und Todd, welcher letztere noch bemerkt, dafs sonst lebhafte Zitterrochen selbst eine starke Reizung erleiden konnten, ohne einen Schlag zu ertheilen. Auch konnten sich die Fische, wenn man sie in den Händen hielt, mit sichtbarer Anstrengung ihrer Muskelthätigkeit drehen und wenden, und wenn sie sich auch nicht

1 a. a. O. S. 649.

n konnten, doch einen Schlag geben. Dieses will-Entladen der el. Organe deutet unmittelbar darauf hin, ?isch durch einen Act seiner Willkür und die dabei thätige aft in den el. Organen irgend eine Veränderung hervor-wodurch sie augenblicklich erst geladen, oder wenn her geladen doch nur durch einen besonderen Mechanis-ıden werden. Ueber die einer solchen Entladung vor-len oder dieselbe begleitenden anderweitigen sicht-eränderungen in den verschiedenen Theilen des Kör-e hierüber weiteren Aufschluſs geben konnten, findet ine vollkommene Uebereinstimmung unter den Schrift-statt. Réaumür will beobachtet haben, daſs jedesmal, er Rochen den Schlag ertheile, er den natürlich etwas en Rücken platt und selbst etwas concav mache, und in diesem Augenblick den Schlag ertheile, wobei dann ken, ohne daſs man dieses Zurückkehren selbst beob-könne, seine vorige convexe Oberfläche wieder ange-ı habe. Diese wichtige Beobachtung ist leider von den ı Forschern gar nicht berücksichtigt, und in sofern auch estätigt worden, indeſs verdient sie bei dem bekannten Beobachtungsgeiste Réaumür's doch auch jetzt noch alle ng. Walsh wollte jedesmal bei Ertheilung des Schla-Zurückziehen der Augen, und auſserdem noch eine leichte gehende Agitation in den Knorpeln, von welchen die ane umgeben sind, beobachtet haben. Spallanzini ıe Bewegung der Augen so wenig constant, daſs sie ihm meist unbeweglich blieben, und manchmal sogar her-n; auch anderweitige Bewegungen des Körpers konnte : bemerken, dagegen wollen Gay-Lussac und v. Hum-bemerkt haben, daſs der Zitterrochen die Brustflossen ivisch bewegte, so oft er seinen Schlag gab, wodurch nde Réaumür's frühere Beobachtung bestätigt wird, in-ch Todd's Bemerkung durch jede stärkere Bewegung des ndförmigen Knorpels der Brustflossen das el. Organ zu-ngedrückt werden müsse, auch ein Muskelapparat die Seite dieser Knorpel mit einem Fortsatze an der Vorder-ler Hirnschale verbinde, wodurch die Thätigkeit der el. : befördert zu werden scheine. Nach Todd war die el. ung im Allgemeinen von einer Muskelanstrengung be-Dieses zeigte sich deutlich durch das Anschwellen der

obern Fläche der el. Organe, vorzüglich an der vordern, dem Schädel gegenüberstehenden Seite, und das Zurückziehen der Augen, woraus Todd, wenn ein anderer den Fisch hielt, mit ziemlicher Sicherheit das Eintreten der Explosion voraussagen konnte; doch täuschte er sich bisweilen, indem er selbst Schläge erhielt (zumal wenn das Thier schon geschwächt war) ohne die Muskelthätigkeit voraus bemerkt zu haben.

Das Thier, das willkürlich die Schläge ertheilt, kann mit bewunderungswürdiger Schnelligkeit seine Organe stets wieder von neuem laden, da es im Stande ist, eine lange Reihe von Schlägen mit gleicher Stärke zu ertheilen. Die Stärke der Schläge steht im Allgemeinen in geradem Verhältnisse mit der übrigen Kräftigkeit und Lebendigkeit des Rochens, doch können auch schwächere Thiere durch stärkere Reizung zur Ertheilung sehr starker Schläge gebracht werden. Die Schläge nehmen einen andern Charakter an, wenn der Fisch sehr schwach wird und sein Tod herannaht. Kurze Zeit vor demselben ertheilte er nach Spallanzani's Beobachtung nicht mehr in Zwischenräumen Schläge, sondern ununterbrochen auf einander folgende leichtere Schläge, ähnlich solchen, die man erhalten würde, wenn man ein klopfendes Herz zwischen seinen Fingern hielte, nur verbunden mit einer unangenehmen Empfindung, die jedoch sich nicht über die Finger hinaus erstreckte. Dieses dauerte 7 Minuten, während welcher Zeit Spallanzani 316 solcher leichter Schläge empfand, worauf dann wieder einzelne in längeren Zwischenräumen 2 bis 3 Minuten bis zum gänzlichen Tode erfolgten. Eine gleiche Beobachtung machte auch Todd mit der Bemerkung, daſs die zuletzt unwillkürlich so schnell auf einander folgenden Entladungen (gleich dem Sehnenhüpfen der Sterbenden) ein bloſses Prickeln in ihm hervorbrachte. Auch an dem vom Thiere abgesonderten Organe bemerkte Spallanzani schwache Stöſse, wenn er aber die Haut von dem oberen Theile des Organs abzog, so verloren sie sich fast gänzlich. Wenn er starken lebhaften Rochen ihre Organe ausriſs, so hörten die Stöſse sogleich auf, und unter dem Druck der Hand auf dieselben fühlte man bloſs eine schwache zitternde Bewegung, die sich endlich in eine leise Palpitation verwandelte. Die Thiere lebten indeſs fort, gaben aber keine Erschütterung mehr, oft auch dann nicht, wenn nur eines dieser Organe von ihnen getrennt war, doch fand hiervon zuweilen auch das Gegentheil statt.

s die Einwirkung der Lebenskraft und insbesondere der auf die Ertheilung der Erschütterungen und folglich auf bei zum Grunde liegenden el. Vorgang durch die zu den gehenden Nerven wesentlich vermittelt werde, konnte ım voraus aus der ungemeinen Gröfse derselben vermuden, ist aber durch directe Versuche aufser allen Zweiıt. Schon Spallanzani fand, dafs wenn blofs die drei des el. Organs durchschnitten werden, die Erschütteogleich aufhören, und nur die oben erwähnte zitternde ıg übrig bleibt. Dasselbe bewiesen noch deutlicher die ıvani angestellten Versuche. Nach abgeschnittenem ertheilten beide Organe keine weitere Erschütterungen. dagegen das Herz ausgerissen, so verlor das Thier nicht mögen, Erschütterungen zu ertheilen. Das Durchschneir ein starker Druck auf die zu dem el. Organe gehenden hob dagegen dieses Vermögen gänzlich auf, wenn gleich er sonst kräftiges Leben zeigte. Todd fand gleichfalls lerholten Versuchen, dafs nach Durchschneidung der zu Organen gehenden Nerven alles Vermögen Erschütterungeben verschwunden war, ungeachtet das Thier an son-ebendigkeit gar nichts verloren hatte, ja, was besonders idend für die Abhängigkeit dieser Schläge von der Left des Thieres ist, länger kräftig blieb, und unter den Umständen länger fortlebte, als andere Individuen, an ene Operation nicht vorgenommen war, denen man aber Berührung und Reizung häufige Schläge entlockte, woie sichtlich geschwächt und ihr Tod beschleunigt wurde. ır ein einzelner Nervenast, oder hatte man nur die Nerf der einen Seite durchschnitten, so dauerte das Vermöl. Schläge zu ertheilen, wie es schien, ungeschwächt ls wurde ein Draht durch das Gehirn eines sehr lebhaferrochens geführt, darauf hörte alle Bewegung auf, und ieizung konnte die el. Schläge erregen.

les was bis jetzt vom Zitterrochen angeführt worden ist, gleiche Weise auch vom Zitteraal, nur mit der Verschie-t, welche die viel ausgedehnteren el. Organe und die dahängige gröfsere Energie seiner el. Kraft mit sich bringt. n sind die Schläge noch weit mehr den starken Erschütte-einer Leidner Flasche oder Batterie zu vergleichen. Die ifseren Zitteraale (welche eine Länge bis 6 Fufs erreichen)

sind so heftig, daſs sie nach v. Humboldt's [1] Zeugniſs selbst i wenigen Minuten Pferde zu tödten im Stande sind. Der A längs dem Bauche des Pferdes hingleitend, trifft alle edlen Theile, und besonders die groſsen Nervengeflechte im Bauch Das betäubte Pferd stürzt zu Boden und erstickt, weil es lange in seiner Lethargie unter dem Wasser verweilt. Ein jun ger Neger, der einen solchen Aal anfaſste, soll nach Flagg g lähmt worden seyn und Bryant fühlte die Erschütterung nich bloſs durch Hände und Arme, sondern durch den ganzen Le und am meisten in der Stirne und in dem Dickbeine. Fahl-berg vergleicht die Stärke der Erschütterung unter dem Wa mit derjenigen einer Leidner Flasche von 70 Quadratzoll Bele-gung, die auf 10 bis 15 Grad nach Adams's Quadranten-Elektro-meter geladen ist, und in der Luft mit einer noch einmal so stark

Man kann hiernach auch erwarten, daſs der Wirkungskr des Zitteraals viel ausgedehnter als derjenige des Torpedo i und daſs die el. Entladung noch da durchbricht, wo die des Zi terrochens aufgehalten wird. Wirklich ist beim Zitteraale unmit telbare Berührung nach Williamson und Fahlberg nicht thig, sondern der Schlag wird schon empfunden, wenn man demselben mit der Hand unter dem Wasser nur nähert. D zeigt sich besonders auch, wenn der Aal die kleinen Fische ihm zur Nahrung dienen, durch el. Schläge, die er ihnen theilt, vorher betäubt, wobei er sich ihnen nähert, aber sch aus der Ferne auf sie den verderblichen Schlag losschieſst, sen Stärke er nach einem ihm eigenthümlichen nie täusch Gefühle, wie Fahlenberg bemerkt, nach der Entfernung also der Dicke der Wasserschicht jedesmal richtig abm Williamson empfand lebhafte Erschütterungen, wenn er Hand, ohne den Aal zu berühren, zwischen diesen und kleinen Fische hielt, auf welche der Aal aus einer Entfe von 10 bis 15 Fuſs seine Schläge losschleuderte, und sie durch vollkommen betäubte. Es wird durch diese Erfahrung Humboldt's Behauptung widerlegt, daſs auch beim Zitte wie beim Zitterrochen unmittelbare Berührung nöthig sey auch die kleinste Wasserschicht die Mittheilung des Schl hindere.

---

1 Jagd und Kampf der elektrischen Aale mit Pferden in XXV. 34.

ch beim Zitteraal ist eine gewisse Beziehung auf zwei er Stellen, von welchen die Kraft vorzüglich ausgeht, lche, wie wir weiter unten sehen werden, als entgetzt el. zu betrachten sind, nicht ganz zu verkennen, wenn icht so deutlich bezeichnet. Diese Pole beziehen sich r nicht wie beim Rochen auf den Rücken und Bauch, , wie sich auch schon nach der Analogie der Structur erürde, auf das Vorder- oder Kopf- und auf das Schwanz- Wurde nach FAHLENBERG der Fisch nur mit einer Hand so gab er einen Schlag, welcher der Wirkung des in asche nach der ersten Entladung noch vorhandenen Residgleich kam. Die Empfindung war etwas stärker, wenn der einen Hand den Fisch an dem Halse, und mit der am Schwanze faſste. Dasselbe fand auch WILLIAMSON, Unterschied zwischen der Empfindung in beiden Fällen el auffallender angiebt, indem ihm zufolge die Berührung r einzigen Hand nur die Empfindung eines einfachen el. s verursachte. Auch v. HUMBOLDT bemerkt, daſs, wenn läge des Zitteraals schwächer und mehr gleichförmig , wie bei verwundeten Thieren, wo man die Unteran Stärke der Schläge nach Verschiedenheit der Umstände unterscheiden kann, er jedesmal stärkere Schläge erhal-, wenn er den Fisch mit zwei Händen (also doch auch einen näher am Kopfe, mit der andern näher am ze), als wenn er ihn nur mit einer einzigen Hand bebe, stärker auch wenn statt mit der Hand mit einem Mend zwar stärker bei der Bewaffnung der Hand mit Zink Kupfer. Auf eine besonders auffallende Art gelangen diesem Fische die Versuche über die durch eine ganze von Personen durchgeleitete Erschütterung, wenn diese ander mit nassen Händen anfaſsten, oder durch Leiter ktricität mit einander verbunden waren, während die Aeuſsersten der Reihe den Fisch unmittelbar oder auch elbar berührten. Schon J. WALSH trieb diese Versuche , daſs der Schlag durch 27 Personen geleitet wurde, AMSON durch eine Reihe von 8 bis 10 Personen, wo die terung gleichfalls am stärksten war, wenn von den beiſsersten Personen die eine den Fisch am Schwanze, die am Kopfe berührte, FAHLENBERG fand die Erschütterung ksten, wenn der Fisch von denen an den beiden Enden d.

der geschlossenen Kette stehenden Personen mit einem silbernen oder messingenen Leiter an den Brustflossen berührt wurde, am schwächsten dagegen, wenn nur die eine von diesen den Fisch, die andere das Wasser berührte. Wie stark die el. Kraft des Zitteraals und wie ausgedehnt der Wirkungskreis derselben sey, ergiebt sich besonders aus einer Beobachtung Flagg's, dafs, als einmal der Aal aus dem Wassergefäfse gekommen war, und er ihn mit einem Stücke Tannenholz von 18 Zoll Länge aufzuheben versuchte, er doch so starke und wiederholte Schläge erhielt, dafs der Schmerz davon im Arme längere Zeit nicht wieder vergehen wollte, noch mehr aber aus der merkwürdigen Beobachtung Williamson's, dafs, als ein feines Loch in das hölzerne Gefäfs, in welchem sich der Fisch befand, gebohrt wurde, eine Person in ihrem Finger, welcher sich in dem Strome des ausfliefsenden Wassers befand, einen Schlag verspürte in dem Augenblicke, dafs eine andere Person, mit welcher jene nicht in Verbindung stand, den Schlag von dem Fische, der dazu gereizt wurde, erhielt. Bei dem Zitteraale ist bei Anstellung dieser Versuche *zuerst* der el. Funke wahrgenommen worden, und zwar von John Walsh, nachdem schon Williamson zwar keine Funken bemerkt, aber sich doch überzeugt hatte, dafs die Erschütterung noch durchgeleitet wurde, wenn die Enden zweier Messingdrähte nur um 0,01 eines Zolles von einander standen. Ueber den Versuch von Walsh findet sich, wie schon oben bemerkt ist, keine Mittheilung von ihm selbst, sondern wir haben nur Angaben von andern Physikern, die Augenzeugen des Versuchs gewesen waren, und die versichern, die Erschütterung des Zitteraals sey von einem so sichtbaren Funken begleitet gewesen, als die Entladung einer Leidner Flasche. Später hat Fahlenberg die Beobachtung von Walsh vollkommen bestätigt. Befand sich der Fisch unter Wasser, so konnte er keinen Funken erhalten. Nachdem aber der Fisch aus dem Wasser genommen war, so wurde das el. Licht sichtbar, als durch die Hände zweier Personen oder durch andere Leiter beide Enden eines auf Glas befestigten und durch einen kleinen Zwischenraum unterbrochenen Staniolstreifens mit dem Fische in Berührung gebracht waren. Dagegen soll nach v. Humboldt die Lichtflamme die Fortleitung des Schlags des Zitteraals isoliren. Auch ist es sehr bemerkenswerth, dafs nach Flagg's Beobachtung ein Frauenzimmer von etwas schwindsüchtiger Beschaffenheit den

l berühren und behandeln konnte, ohne einen Schlag da- :u empfinden, gerade so wie man einzelne Fälle von Un- lichkeit für den Schlag einer Leidner Flasche beobachtet vill. Trotz dieser Beweise einer so starken el. Kraft man doch auch beim Zitteraal bis jetzt keine Spur freier nung, keine Anziehung oder Abstofsung leichter Kör- durch dieselbe, keine Wirkung aufs Elektrometer selbst it Hülfe des Condensators, keine Ladung einer Leidner auch nur zum schwächsten noch durch Hülfe dieser In- te bemerkbaren Grade erhalten.

ch für den Zitteraal gilt es, dafs die Ertheilung der Er- ungen ein Act der Willkür ist, und dafs sein el. Ver- in dem innigsten Zusammenhange mit der Lebenskraft Der Zitteraal ertheilt seine Schläge und richtet die Stärke :n ganz nach den Umständen ein, um seinen Zweck zu n. Ja er scheint selbst nach John Walsh und den spä- eobachtungen von Fahlenberg einen eigenen feinen r das Verhältnifs der Umstände zur Möglichkeit der Er- ; der Schläge zu besitzen, ob nämlich die Körper, die n nähern, solche sind, die den Stofs empfangen können, iter oder Isolatoren, denn in dem ersten Falle ertheilt er fs; in dem zweiten nicht. Diese merkwürdige Eigen- ı zeigen stellte Walsh mehrere Versuche an, von denen :rzeugendste folgender war. Zwei Drähte wurden mit :nden in ein Gefäfs mit Wasser gelegt, in dem der Fisch and, sodann umgebogen, und eine grofse Strecke fort- , endlich endigten sie sich in zwei besondere mit Was- llte Gefäfse. Die Drähte wurden in einer beträchtlichen ung von einander durch Nichtleiter getragen. So lange en Wassergefäfse nicht durch einen Leiter mit einander ıen waren, war der Leitungskreis nicht vollkommen, was ıtrat, sobald eine Person die Finger der einen Hand in , und die der andern Hand in das andere Gefäfs tauchte. merkte man beständig, dafs das Thier, wenn die oben :bene Verbindung unterbrochen war, den Enden der sich nie absichtlich näherte, sobald aber die Verbindung ine Person oder sonst durch einen Leiter wieder herge- urde, so kam das Thier augenblicklich zu den Drähten und ertheilte den Stofs, wenn es gleich nicht sehen dafs die Verbindung wieder ergänzt worden war. Die-

ser letztere Umstand des Heranschwimmens an die Drahtenden beweiset, daſs die Ertheilung des Schlages hier nicht nach einem bloſsen physischen Gesetze auf eine nothwendige Weise erfolgen muſste, sondern daſs die Willkür des Thiers daran Theil hatte, was zugleich eine Empfindung des veränderten Leitungsverhältnisses durch eine ganz eigenthümliche Modification des Gefühls voraussetzt. Die Ertheilung der Schläge durch den Zitteraal ist übrigens unabhängig von jeder anderweitigen sichtbaren Muskelbewegung; auch sind die stärksten Muskelbewegungen des Gymnotus eben nicht von erschütternden Explosionen begleitet. v. Humboldt hatte den Zitteraal oft in Händen gehabt, und indem er sich convulsivisch krümmte, um sich ihm zu entwinden, fühlte er keine Entladung. Dasselbe Individuum gab wenige Minuten darauf die heftigsten Schläge, ohne die äuſsere Lage seines Körpers zu verändern[1]. So wie beim Zitterochen nimmt auch beim Zitteraal mit herannahendem Tode die Stärke der Schläge ab, und aus dem Organe des todten Fisches lieſs sich nach Fahlenberg auf keine Weise auch nur die geringste el. Erschütterung entlocken.

Dr. Schilling, Arzt der Colonie zu Surinam, hatte, wie schon oben bemerkt, der Berliner Akademie der Wissenschaften Nachrichten von einigen Versuchen gegeben, welche auf ein *besonderes magnetisches Verhältniſs* des Zitteraals, und daher eine Uebereinstimmung ihres Agens mit dem magnetischen hinzudeuten schienen. Bei der Annäherung eines armirten Magnetes ward der Angabe Schilling's zufolge der Fisch zuerst unruhig, und bei der Berührung mit demselben stark erschüttert. Legte man den Magnet ins Wasser, so ward der Fisch nach einiger Zeit ganz still, und kam von selbst an den Magnet heran, als wenn er von dem umgebenden Wasser angezogen und zurückgehalten würde. Nach einer halben Stunde zog er sich sehr geschwächt vom Magnete wieder zurück, hatte aber alle Erschütterungskraft verloren, so daſs man ihn ohne Schaden berühren und in die Hände nehmen konnte. Die beiden Pole des Magnetes schienen wie mit Feilspähnen überzogen (!). Der Fisch erlangte einige Kraft wieder, nachdem man ihn ein paar Tage mit Brod gefüttert hatte, als man aber Eisenfeilicht ins Wasser warf, kehrte sein voriges Vermögen in seiner ganzen

1 G. XXII. 5.

tärke zurück. Eine Magnetnadel sollte in der Nachbarschaft
es Zitteraals völlig in Unordnung gekommen seyn. So viel
teresse diese Beobachtungen bei ihrer ersten Bekanntmachung
ch einflöfsten, indem man namentlich hierin einen Hauptbe-
eis für die Uebereinstimmung der Elektricität mit dem Magne-
mus zu erkennen glaubte, und so sehr in unsern Tagen nach
r Entdeckung des Elektromagnetismus dieses Interesse sich er-
nern mufste, so verloren sie doch in dieser Hinsicht al-
Werth, da sie von späteren Beobachtern bei Wiederholung
den besten Apparaten und mit der gröfsten Sorgfalt als ganz
richtig befunden wurden, so dafs man kaum daran zweifeln
n, Schilling habe der gelehrten Welt etwas aufbinden wol-
. Dr. Ingenhousz untersuchte namentlich die Sache in Lon-
n 1777 an den Fischen, welche J. Walsh auf seine Kosten
n Surinam hatte kommen lassen. Er ging in Gesellschaft des
. Beerenbroek mit mehreren Magnetnadeln und starken
gnetstäben von Knight versehen dahin, fand aber den Fisch
en allen magnetischen Einflufs schlechterdings unempfind-
. Das Thier unterschied den Magnetstab nicht im gering-
von einem andern Stücke Metall und gab einem Menschen,
beide Hände, eine beim Kopfe, die andere beim Schwanze
Fisches ins Wasser hielt, einen starken Schlag, obgleich
starker Magnetstab untergehalten ward. Auch brachte er
Magnetnadel nicht im mindesten in Unordnung. Walsh
cherte gleichfalls, Schilling's Versuche auf das sorgfäl-
geprüft, aber nie einen Einflufs des Magnets auf den Fisch,
dieses auf jenen bemerkt zu haben [1]. Eben so wenig
te v. Humboldt in sehr oft wiederholten Versuchen die
gste Wirkung der Magnete auf den Zitteraal, oder des
ren auf Magnetnadeln wahrnehmen, so wie dann auch Ei-
ilicht auf den Rücken desselben gestreut unbeweglich
[2]. Auch auf den Zitterrochen äufserte nach Spallanzani's
chen, ein starker Magnet, der 25 Pfund zog, nicht den
gsten Einflufs. Dagegen wäre wohl durch künftige Versu-
uszumitteln, ob nicht in dem Augenblicke, dafs der Zit-
oder Zitterrochen seine Schläge ertheilt, eine in der Nähe

Ingenhousz vermischte Schriften übersetzt von Molitor. Wien.
.

Ann. de Ch. XI. 435.

Digitized by Google

befindliche Magnetnadel afficirt wird, und zwar nach densell Gesetzen, nach denen der Strom der Volta'schen Säule diese in Bewegung setzt.

Vom *Zitterwels* fehlen alle genauere Beobachtungen in treff der von ihm ertheilten Erschütterungen und nur Ad son's oben mitgetheilte Notitz, da sie sich ohne allen Zwe auf diese Gattung bezieht, läfst annehmen, dafs im wesentlic sich hier alles eben so verhalten werde.

Von *Tetrodon electricus* hat man blofs die einzige Be achtung des englischen Schifflieutenants Patterson, der z derselben in einem Netze fing, und da er den einen ang wollte, einen so heftigen el. Schlag bekam, dafs er ihn los sen mufste.

Vom *Trichiurus indicus* fehlen alle sein Erschütterun vermögen betreffende Beobachtungen.

IV. Theoretische Betrachtungen.

So lange die el. Natur des Agens, von welchem die schütterungen dieser el. Fische abhängen, unbekannt war, ko ten nur irrige Erklärungen des Vorganges gegeben werden. Meinungen jener Naturforscher, welche wie Lorenzini, rault u. a. gewisse betäubende Theilchen (*particulae torp ficae*) annahmen, die zu allen Zeiten aus dem Körper des terrochens, aber in dem Zeitpuncte, wo er seine Erschütte mittheilte, in gröfserer Menge ausströmten, wurden schon Réaumür gründlich widerlegt, selbst durch die Hinweisung das einzige Factum, dafs man keine Erschütterung fühle, w man auch nur durch eine dünne Wasserschicht von dem Fi getrennt sey, während diese Erschütterung doch bei der rührung desselben mit einem Stocke mitgetheilt werde. Ré mür hatte geglaubt, in jener oben von ihm angeführten inte santen Beobachtung den Schlüssel zum ganzen Mechanis auf welchem jene so eigenthümlichen Erschütterungen beru gefunden zu haben. Er vergleicht nämlich den ganzen Vor mit dem einer gespannten Feder, welche plötzlich losschn Die Rolle der zu spannenden Feder wies er den Säulen Cylindern der el. Organe an, durch die Abplattung des R kens sollen nämlich die Basen der Organe gleichsam breiter, kleinen Zwischenlamellen der Cylinder ausgedehnt und gesp

n; hat diese Ausdehnung und damit gegebene Spannung wisses Maximum erreicht, und die Zusammenziehung des ns, die durch den Fisch willkürlich hervorgebracht wor- t, läſst nach, so dehnen sich die Längenfasern, aus denen itenwände der Cylinder bestehen, wieder aus, die Quer- verkürzen sich, und jede derselben, durch die Längen- aufwärts gezogen, treibt die eiweiſsartige Materie, die in ellen enthalten ist, in gleicher Richtung aufwärts, und se Ausdehnung nicht gleichzeitig in allen geschehen kann, stehen dadurch schnell auf einander folgende Stöſse, wel- e Nerven erschüttern und betäuben und den eigenthümli- Schmerz verursachen. So erklärt Réaumür, warum man ftigen Schläge nur erhalte, wenn man die el. Organe un- bar berühre, warum man den Fisch ungestraft am Schwanze en könne, womit sich auch sehr wohl die viel schwächere ütterung vereinigen lasse, die man erhalte, wenn man den in einiger Entfernung von diesen Organen anfasse, weil jene Bewegung derselben doch der Haut des Fisches mit- n, und diese davon erschüttert werden müsse, welche Er- terung sich dann weiter mittheile. Der Umstand, daſs mür eine, wenn gleich viel schwächere Erschütterung em- , wenn er den Fisch mit einem Stocke berührte, machte icht irre in seiner Erklärung, da ja die schnelle Bewegung losschnappenden organischen Federn sich auch dem Stabe durch diesen seiner Hand nur mit verhältniſsmäſsig ver- rter Geschwindigkeit mittheilen müsse.

So sinnreich auch diese Erklärung auf dem damaligen Stand- e der Untersuchung war, so muſste sie doch aufgegeben n, sobald John Walsh die wahre Ursache der Erschüt- g in der Bewegung des el. Fluidums aufgefunden hatte. s reichte diese allgemeine Andeutung doch nicht hin, son- es kam zur Rechtfertigung derselben darauf an, die man- ltigen Abänderungen der Erscheinungen, vorzüglich der e der Erschütterungen, nach der Verschiedenheit der Um- e mit den bekannten Gesetzen der Elektricität in Ueber- mmung zu bringen, und gewisse Widersprüche mit einer en Erklärung, insbesondere den Mangel gewisser Zeichen r Elektricität, aller Wirkung auf das Elektrometer, überhaupt el. Anziehungs- und Abstoſsungs-Erscheinungen zu be- gen. Dieses leistete nun besonders Cavendish auf eine un-

gemein scharfsinnige Art in jener oben angeführten Abhandlun
indem er durch eine Reihe von Versuchen zu beweisen sucht
dafs von allen Erscheinungen am Zitterrochen befriedigende R
chenschaft gegeben werden könne, wenn man annehme, d
seine el. Organe gleich einer el. Batterie von grofser Capacit
die aber nur zu einer sehr schwachen Spannung geladen s
wirkten. Dieser Ansicht zufolge stellte die eine Fläche der
Organe gleichsam die eine Belegung und die entgegengeset
die andere vor, oder es vereinigte sich wenigstens in ihnen
Augenblicke der Mittheilung der Erschütterung die ganze Wir
samkeit, und ging von ihnen eben so aus, wie von den bei
Belegungen einer solchen Batterie. Indem Cavendish erst
Holz und dann aus mit Salzwasser getränktem Sohleul
einen künstlichen Zitterrochen sich verfertigen liefs, der die G
stalt des natürlichen hatte, und an den Orten, wo die el. Org
an der obern und untern Fläche sich endigen, Zinnplatten ung
fähr von gleicher Gestalt und Gröfse anbringen liefs, so kon
er diesen Flächen den Werth solcher Belegungen einer
schwacher Spannung geladenenen Batterie von grofser Capac
geben, indem er durch Drähte, die von ihnen ausgingen,
die durch Glasröhren isolirt waren, sie mit den Belegungen
ner wirklichen el. Batterie von der angeführten Art in Ver
dung setzte, und die wirkliche Entladung der Batterie d
Verbindung jener Drähte mit ihren Belegungen vornahm, w
er sich auf verschiedene Weise mit dem künstlichen Zitterroc
in Verbindung gesetzt hatte. Diese Versuche wurden theils
der Luft theils unter dem Wasser vorgenommen, und die v
schiedene Stärke der Erschütterungen unter den verschied
Umständen der unmittelbaren oder mittelbaren Berührung,
einseitigen Berührung mit einer oder mit beiden Händen
der einen oder an beiden Flächen der el. Organe u. s. w. stim
im Wesentlichen mit denjenigen Verschiedenheiten überein,
an dem Zitterrochen unter den gleichen verschiedenen Um
den wirklich wahrgenommen sind. Das Ganze findet näm
seine Erklärung darin, dafs, wenn die Verbindung zwischen
beiden Belegungen nicht durch einen vollkommenen Leiter
macht wird, wie denn der Zitterrochen selbst und jene Kun
gebilde in Cavendish's Versuchen kein solcher sind, der E
ladungsstrom sich verbreitet und seinen Weg durch mehrere
näle nimmt, unter welchen der menschliche Körper, die Hä

Digitized by Google

selben u. s. w. wegen ihres vollkommenern Leitungsvermögens
hr aufnehmen, als das Wasser nnd die eigenen Theile des
iers selbst.

Sehr genügend gab auch CAVENDISH durch diese Verglei-
ung Rechenschaft von dem Mangel eines Funkens bei dieser
heilung der Erschütterungen durch den Zitterrochen, von der
möglichkeit durch eine Kette von mehreren Gelenken die Er-
ütterung zu entladen, aus der so schwachen Spannung der
ktricität bei aller grofsen Quantität derselben, da auch bei zu
iner Spannung geladener Batterien von vielen Flaschen, die
nm immer noch im Stande sind, bei unmittelbarer Berührung
e sehr fühlbare Erschütterung zu geben, durch den feinsten
hnitt in eine auf Glas geklebte Zinnfolie u. s. w. die Entladung
hindert werden konnte. Diese Ansicht fand auch den allge-
einsten Beifall und selbst nach der Entdeckung der Volta'schen
ule sind ihr einige Physiker, wie namentlich selbst v. HUM-
LDT noch getreu geblieben, welcher in der Unempfindlichkeit
er Elektrometer für die Einwirkung selbst der kraftvollsten el.
iche einen Beweis finden will, dafs die Wirkungen in ihnen
cht wie in der Volta'schen Säule entstehen, und nicht aus der
eorie dieser erklärt werden können[1]. v. HUMBOLDT übersah,
s sich eben so wenig eine geladene Leidner Flasche ohne
e el. Spannung wenigstens an der einen Belegung denken
se, und dafs die Unempfindlichkeit der Elektrometer keine
ssere Schwierigkeit bei der Erklärung nach den Gesetzen ei-
Volta'schen Säule mache. GÉOFFROY findet sogar in dem
ue der el. Organe, die ihrem Wesen nach aus sehr ausge-
iteten und vielen Sehnenhäuten bestehen, welche zu Zellen
ildet sind, und eine gallert-eiweifs-artige Flüssigkeit ent-
en, einen neuen Beweis für diese Aehnlichkeit mit Batterien
r mit Blitzscheiben, indem sie abwechselnd aus Leitern (den
ven, und der weichen aus Eiweifs und Gallerte bestehenden
se, in die sich die Nerven verbreiten?), und aus Nichtlei-
(den sehnigten Blättern, die sich durch diese weiche Masse
iehen) zusammengesetzt sind. Dafs die Elektricität des Zit-
ochens wesentlich von der mechanischen Anordnung dieser
elektrischen und anelektrischen Elemente abhänge, zeige
dadurch, dafs man im ganzen dieselben Theile auch bei an-

1 G. XXII. 12.

Digitized by Google

deren Rochen finde, ohne daſs doch letztere dieselben Wirku
gen hervorzubringen vermögen, weil nämlich bei ihnen j
sehnigten Blätter fehlen, welche die gallert-eiweiſs-artige Fl
sigkeit in kleine isolirte Massen theilen, gerade so wie eine
Batterie oder die Blitzscheibe ihren Zweck nicht erfüllen wü
wenn zwischen den Metallblättern keine Glasscheiben wäre
Indeſs sieht man leicht, daſs dieses doch nur höchst vage
deutungen sind, daſs man auf keine Weise in dem Baue der
Organe nachzuweisen im Stande ist, wie die respectiven, po
tiven und negativen Seiten der unzähligen kleinen Leidner F
schen, die man in dem Organe anzunehmen gezwungen w
mit einander zu einer gemeinschaftlichen Belegung verbun
sind, und daſs endlich jene sehnigten Häute, die mit Fe
tigkeit durchdrungen sind, auf keine Weise den Dienst zu
sten im Stande seyn würden, die entgegengesetzten Elektrici
ten von einander getrennt zu halten, wenn sie nach dem G
setze der Leidner Flasche vertheilt wären, wo sie nämlich
mit ihrem ganzen Streben durch die Scheidewand hindurch
mit einander zu verbinden und auszugleichen, behaftet
ausgesetzt werden müſsten. Der Natur sich viel näher ansch
ſsend erscheint daher die höchst sinnreiche Theorie Vol
welche dieser groſse Physiker gleich im ersten Anfange,
seine Entdeckung der Säule den 20. März 1800 an Banks
theilte, aufstellte, in jenem so merkwürdigen Aufsatze, der
ihm im Nationalinstitute am 21. Nov. 1801 verlesen wu
wiederholte, aber noch ausführlicher in der oben bereits
wähnten Abhandlung vortrug. Die Hauptidee dieser Erklä
ist, daſs die el. Organe wahre elektrische oder Volta'sche S
len und zwar von der zweiten Ordnung seyen, welche
bloſsen feuchten Leitern bestehen. Die Structur dieser Or
wie sie sowohl beim Zitterrochen als beim Zitteraal, vorzü
durch Hunter so schön dargelegt worden ist, entspricht di
Idee vollkommen. Nach der Analogie der Säule finden sic
beiderlei Organen regelmäſsig abwechselnde Lagen von Le
verschiedener Art, nämlich die Membranen, welche die Sc
dungen bilden und die gallert-eiweiſs-artige Flüssigkeit. I
man nun das Schema der gewöhnlichen Volta'schen Säule

---

1 G. XII. 412.

2 G. X. 421. 445—449.

Digitized by Google

welche aus einer sich in derselben Ordnung wieder- Reihe von wenigstens drei verschiedenen Leitern oder der Elektricität besteht, die unter zwei verschiedene Span- en gehören [1], so muſs angenommen werden, daſs die seh- ischenhäute aus zwei Lagen bestehen, die das Analogon s von Metallen, vorstellen, und als die eigentlichen Elek- n anzusehen sind, während die gallerteiweiſsartige Flüs- Rolle des feuchten Leiters übernimmt. Dieses ist auch die OLTA's, wenn er sagt: „Es ist selbst zu vermuthen, daſs l. Organen des Krampffisches die kleinen Lagen oder , die in jeder Säule eine über der andern liegen, ab- d aus Leitern bestehen, die zur zweiten und zur drit- e gehören, und so gebauet sind, daſs jede Lage, oder *erogene Paar* der dritten Classe von dem andern durch iter zweiter Classe, d. i. durch eine feuchte Lage ge- ird." Daſs die festweichen thierischen Theile und die en Flüssigkeiten nicht *eine* Spannungsreihe bilden, son- er *zwei* Classen gebracht werden müssen, für deren jede nes Spannungsgesetz gilt, erhellet schon daraus, daſs es e galvanische Ketten giebt, welche aus bloſs thierischen bestehen, in welche kein Erreger der ersten Classe oder ter trockener Erreger eingeht. Da aus allen oben ange- Erscheinungen hervorgeht, daſs an den el. Organen ge- tellen sich befinden, in welchen die Elektricität mehr ft ist, und ohne allen Zweifel einen Gegensatz bildet, so die Lage dieser Pole auch sehr wohl mit einer solchen e überein, denn in dem Zitterrochen haben die vielen nander liegenden kleinen Volta'schen Säulen (die Cylin- r Prismen der el. Organe) eine in Beziehung auf die Axe pers verticale Lage, und ihre beiden Pole müssen also Ober- und Unterseite (Rücken und Brust) des Fisches enfallen, wie auch wirklich die Beobachtung lehrt, wäh- im Zitteraal die Säulen der Länge nach liegen, und folg- Pole an das andere Ende (nach dem Kopf- und Schwanz- n) fallen müssen, was auch recht gut mit den Beobach- an diesem Fische zusammenstimmt. Bei der auſseror- en Menge der abwechselnden Lagen läſst sich auch bei geringem elektromotorischen Vermögen jedes einzelnen

---

[1] S. die Artikel: *Galvanismus und Säule, Volta'sche.*

Elements doch eine sehr starke Ladung der el. Säulen und da eine sehr starke Erschütterung bei der Entladung sehr wohl greifen. Auch stimmt für diese Ansicht die große Ueberei stimmung der Erschütterungen selbst mit denen, welche Vol sche Säulen ertheilen. Nach VOLTA's Briefe an BANKS[1] g eine Säule aus 20 Lagen Erschütterungschläge, die denen ei äußerst ermatteten Krampfrochens völlig gleichen; aus ei Säule von 60 Lagen kann man stärkere Schläge erhalten, als der Krampffisch ertheilt, und so wie dieser heftigere Erschü rungen in der Luft als im Wasser ertheilt, sind auch die Schl der Säule viel empfindlicher, wenn die Enddrähte in vers dene Wasserbehälter geleitet, und diese durch den Körpe leitende Verbindung gesetzt werden, als wenn beide Endd mit einem Wasserbehälter communiciren, und man in die beide Hände steckt. Ueberhaupt gilt für die Abänderungen Stärke der Schläge nach der verschiedenen Art, wie man mit dem Krampfrochen in Verbindung setzt, alles unbedingt hier, was bei der Vergleichung der Entladungen der el. Fi mit denen einer Batterie von großer Capacität, die nur zu e schwachen Spannung geladen ist, oben angeführt wurde eine Volta'sche Säule vollkommen das Aequivalent einer sol ist, nur mit dem Unterschiede, daß sie sich selbst gelade und nach der Entladung wieder von neuem ladet. Indeß wi diese ganze Reduction auf eine Volta'sche Säule völlig ungt gend seyn, wenn nicht zugleich Rechenschaft von dem l flusse der Willkür, und daß die Entladungen lediglich dieser abhängen, gegeben werden könnte, denn es ist bei gleichung aller oben angeführten Erscheinungen von selbst leuchtend, daß die el. Organe keine an und für sich gel und nach jeder Entladung sich wieder durch ihren bloßen chanismus ladende Säulen seyn können, weil man sonst d jedesmalige Berührung in einer hinlänglich großen Oberfl stets Erschütterungen erhalten müßte, und durch Commun tion der Pole der Organe mit einem Condensator oder einer terie diese geladen werden, und elektromotorische Wirkun zum Vorschein kommen müßten, wovon sich aber gerade Gegentheil zeigt. Vielmehr müssen erst in dem Augenbli in welchem die Fische ihre Erschütterungen mittheilen, die

1 Phil. Trans. 1800. II. 403.

Digitized by Google

:n und zugleich auch entladen werden, und die freige- Elektricität jedesmal auch wieder im Producte aufge- wegen sie eben so wenig auf das Elektrometer und den tor wirken kann, als die bei der Entladung einer Fla- ch den Entladungskreis sich ergiefsende Elektricität rkt. Aber auch dafür hat VOLTA Rath gewufst. Ihm mlich der Mechanismus, durch welchen der Krampf- hläge ertheilt, darauf zu beruhen, dafs er einige von entfernte Theile seines el. Organs (entweder einzelne oder vielleicht die Häute, welche in jeder Säule wie ıeiben über einander liegen) einander nähert, indem er n zusammendrückt, oder dafs er vielleicht im Augen- s Stofses zwischen die Häutchen und Zwischenränder chtigkeit fliefsen läfst. Die erstere Annahme würde nun sehr gut mit der oben näher beschriebenen Réaumür- obachtung des Verhaltens des Fisches bei Ertheilung ige übereinstimmen, indefs widerspricht dieser Erklä- Erfahrung CONFIGLIACHI's, dafs auch bei äufserer Zu- lrückung der el. Organe durch Gewichte keine Erschüt- bewirkt werden können, und was die zweite Annahme so steht ihr die Thatsache entgegen, dafs in einem or- n Körper überall keine solche leere Stellen angenommen können, und dafs die Stellen der Prismen zu allen Zei- der gallerteiweifsartigen Flüfsigkeit vollkommen erfüllt en. Auch giebt diese Erklärung keine hinreichende Re- ift von der wichtigen und constanten Beziehung, in wel- : Nerven mit den el. Organen und ihrer Thätigkeit ste- nn dafs dieser Einflufs sich nicht blofs darauf beschrän- ne, zur Bildung einer jener Schichten des Paars, aus ı jene Scheidung besteht, beizutragen, die ohne alle Ab- eit von eigentlicher Nervenkraft blofs nach den allgemei- etzen der galvanisch-elektrischen Wechselwirkung ihre ıotorische Thätigkeit ausübte, ohngefähr auf dieselbe Art einer Säule, die man aus Muskelfleisch, Nervenmark und ıit Wasser oder einer Salzauflöfsung getränkten Zwischen- ufbauen kann, wird schon dadurch bewiesen, dafs nach chneidung der zu den el. Organen gehenden Nerven, die ternde Kraft derselben auch sogleich erloschen ist, ohn- :t doch in diesem Falle die heterogenen Schichten, welche Organe bilden, unverändert geblieben sind.

Es bleibt unter diesen Verhältnissen nichts anders üb als den Nerven selbst den wesentlichsten Antheil an der Erz gung der Elektricität einzuräumen, und die el. Organe glei sam nur als die Apparate zu betrachten, welche auf eine sec däre Weise zur Aufnahme und Entladung der ihnen momer mitgetheilten Elektricität dienen. Eine solche Idee hat auch R TER in einer lehrreichen Anmerkung zu VOLTA's letztem A satze[1] über den Krampfrochen geäufsert. Er verspricht dase in einer besondern Abhandlung darzuthun, dafs eine jeder bestehende Verbindung vieler kleiner Säulchen zum Aequi lente einer grofsplattigen Säule in den Organen der el. Fi Statt finden möge, dafs dieses aber keinesweges primitive V ta'sche Säulen, sondern secundäre von der Art seiner Ladun säulen seyen und dafs überdies diese Ladungssäulen es n selbst seyen, die, sich entladend, die Erschütterung gäl sondern dafs sie freilich vorher geladen, eigentlich dazu di ten, dafs die nach einer Reizung des Fisches von ihm gelief grofse Spannung seiner Nerven, so viel wie möglich nicht Fische selbst wieder zusammengehe und ferner vielleicht n dafs sie dem el. gespannten Nerven während der Schlagertl lung ungefähr eben diese Dienste erwiesen, wie eine el. Bat rie von grofser Capacität einer Volta'schen Säule, als wel nach einmaliger Ladung jener und verbunden mit ihr bleibe dann viel stärkere Schläge ertheile als ohne eine solche Verl dung. Einen vorläufigen Beweis für die Richtigkeit dieser A sicht glaubt RITTER in einem von CONFIGLIACHI mit dem Z terrochen angestellten Versuche gefunden zu haben. Dieser richtete nämlich aus den getrennten Organen einiger Zitteroch die gar keine Zeichen am Elektrometer gegeben hatten, Säu die mehrere Minuten hindurch sehr wirksam waren, wenn einige Zeit der Wirkung einer gewöhnlichen Säule aus Zi oder Kupfer-Platten ausgesetzt wurden, ganz auf dieselbe A wie dieses bei den Ritter'schen sogenannten Ladungssäulen eint

RITTER ist indefs jene Abhandlung schuldig geblieben, u ich zweifle sehr, ob der unleugbar statt findende so wicht Einflufs der Nerven auf die Ertheilung der Erschütterungen u damit also auf die el. Ladung und Entladung der Organe, wel letztere unstreitig wenigstens als die nächste Ursache der Schl

1 a. a. O. S. 644.

ten ist, auf dem jetzigen Standpuncte unserer Kennt-
er Nervenkraft in einer bestimmten Construction dar-
rden könne. Alles, was bis jetzt als ausgemacht an-
erden kann, reducirt sich darauf, daſs der el. Vorgang
tterfischen mit demjenigen einer Volta'schen Säule am
ibereinkommt, daſs aber der einer Volta'schen Säule
ge Apparat nicht ohne weiteres durch die bloſse Ma-
richtung der el. Organe bedingt ist, und davon nicht
r die Ladung abhängt, sondern daſs die Ladung und
ein wirklicher Lebensact ist, zunächst bedingt durch
neinfluſs auf die Organe, welcher wirklich den Be-
des Thiers gemäſs und nach Maſsgabe der Reizung,
e erleidet, auf diese Organe hin determinirt wird, so
neue Ladungen und Entladungen von gleicher Stärke
ng hindurch erfolgen können, worin sich abermals ein
erhältniſs als das einer durch sich selbst, d. h. die
aft der elektromotorischen Apparate erneuernden La-
d thut, da bei jeder Volta'schen Säule die Erschütte-
ler ersten Schlieſsung allezeit stärker ist, als bei schnell
lten Schlieſsungen oder gar während des fortdauernden
enseyns. v. Humboldt bemerkt noch, da der Zitter-
l. Fluidum (richtiger seinen Schlag) dahin richtet, wo-
l, indem er es z. B. auf die kleinen Fische, die in ei-
sen Entfernung sich von ihm befinden, immer mit Si-
leich einem Blitze schleudert, wie aus der Betäubung
erhellet, so müsse man auch zugeben, daſs die Ent-
cht zugleich durch die ganze Haut erfolge, sondern an
le mehr als an der andern, die vielleicht durch eine
hende Absonderung mit dem Organe in genauere Ver-
esetzt worden ist. Indeſs scheint eine solche Annahme
t nothwendig zu seyn, da derselbe Erfolg auch eintre-
wenn der Zitteraal in einem solchen Falle überhaupt
stärkere Entladung giebt, deren Wirkungskreis sich
damit erweitern und jene Fische u. s. w. in sich auf-
nuſs, ohne auf sie ihre Richtung im Raume selbst vor-
zu nehmen, wenn gleich dem Willen des Thieres
auf sie abzielend. Wenn irgend mehr Licht über das
nd noch Verborgene, was jenen el. Erscheinungen zum
liegt, sich verbreiten soll, so muſs es von einer ge-
Einsicht in das Wesen der Irritabilität ausgehen, denn

ohne allen Zweifel schliefsen sich die el. Organe am nächsten die Muskeln an, und die Zukunft ist vielleicht nicht mehr fe welche über die Richtigkeit des Ausspruches entscheiden w dafs so wie die Muskelzusammenziehungen gleichsam nach In gehende elektrische Entladungen sind, eben so umgekehrt Entladungen der el. Fische nach aufsen gerichtete Irritabiliti Aeufserungen. In diesem Sinne hat auch Steffens die Sa aufgefafst, ohne jedoch durch die am Ende seiner Abhandl über die el. Fische hingeworfene mehr zur Physiologie ge rigen Bemerkungen — Fragen vielmehr als Antworten, gröfseres Licht verbreitet zu haben [1].

Nachdem dieser Artikel bereits ausgearbeitet war, ka erst die Inaugural-Dissertation des F. L. Guisan [2] zu Hä welche eine Reihe sehr interessanter Versuche beschreibt, der Vater des Verfassers bereits im Jahre 1789 zu Cayenne dem *Zitteraale* angestellt, und nach seiner Rückkehr nach ropa im Jahre 1791 der Akademie der Wissenschaften zu vorgelegt hatte, deren damalige Bekanntmachung aber durch Revolution verhindert worden war. Die von dem Sohne aus Nachlasse des Vaters in jener Dissertation mitgetheilten Er rungen sind besonders dadurch interessant, dafs sie noch die Analogie der durch den Zitteraal (und somit durch Fische) ertheilten Erschütterungen mit denen der Volta Säule und der Modification der Elektricität in beiden beweisen.

a. Guisan vergleicht die Empfindung von schwä Schlägen des Zitteraals mit dem Kriebeln oder Ameisenkri in eingeschlafenen Gliedmafsen, auch sollen, wenn ma Fisch in der Hand behält, und die Schläge weniger heftig die Empfindungen wie Erbebungen von Saiten oder w Art von Dröhnen auf einander folgen. Eben dieses ist rakteristisch bei den Erschütterungen durch Volta'sche Säu

1 Aufser den einzelnen in dem Abschnitte der Literatur führten Abhandlungen verdienen noch über die el. Fische vergli werden: Cavallo's vollständige Abhandlung u. s. w. II Bände. 1797. IIter Band. S. 226 — 247. Erxleben's physikalische Bib Bd. II. III. IV. Singer Elemente der Elektricität u. s. w. S. 186. Darstellung Volta's, seiner Untersuchungen über die Galvanisch tricität und ihrer Resultate in Gilb. N. Ann. XXI. S. 341. H Steffens über die elektrischen Fische. Frankfurt am Main 1818.

2 De gymnoto electrico. Tubing. 1819.

Digitized by Google

b. Eine zweite auffallende Analogie bot sich in den sehr nzenden Funken dar, welche Guisan dem Zitteraale zu entken wuſste. Er bediente sich dazu zweier Leiter aus Flinläufen und Eisendrähten zusammengesetzt, welche letztere zwei kleineren Flintenläufen verbunden waren, die nur eine be Linie aus einander standen. Die gröſseren Flintenläufe rden mit ihren Enden in der einen erleuchteten Hälfte eines etheilten Zimmers, in welcher sich ein kräftiger Zitteraal auf em isolirten Tische befand, mit dem Kopfe und Schwanze selben in Verbindung gebracht, während Guisan in der ann verfinsterten Abtheilung des Zimmers die Erscheinungen an Stelle, wo der leitende Kreis unterbrochen war, beobach-. In dem Augenblicke der Verbindung mit dem Fische bran in den Zwischenräumen *lebhafte Funkensonnen* von einig Zollen im Durchmesser mit einem Geräusch wie die Funt beim Feuerschlagen hervor.

c. Guisan machte auch bei einem groſsen Zitteraale, welr 14 Tage in Ruhe gelassen war, die sonderbare Beobachg, daſs, als ein Leiter dem Munde desselben genähert wurde, auch bei vielem Lichte sehr *sichtbarer Strahlenbüschel* darhervorkam, und daſs dieser Leiter vom Munde entfernt ei-Secunden hindurch ähnliche Strahlen ausströmte. (?)

d. Er fand, wie v. Humboldt, daſs eine Lichtflamme, n sie auch vollkommen den kleinen Zwischenraum im leien Kreise ausfüllte, die Durchleitung der Wirkung vollkomhinderte, während sowohl glühende als trockene *Kohlen* als Leiter zeigten.

e. Die Wirkung des Zitteraales war eben so wie die der ischen Säule in dem Verhältnisse stärker, in welchem die r in einem gröſseren Umfange von der Hand umspannt wurund in einer gröſseren Ausdehnung den Fisch berührten.

f. Obgleich die stärkere Wirkung erfolgte, wenn der Kopf Schwanz des Fisches zugleich berührt wurden, so war doch eine nur einseitige Berührung irgend eines Theiles des Fimit einem guten Leiter hinlänglich, um die Erschütterung theilen, und besonders schien der Kopf des Fisches hierin Vorzug zu haben. Er zerschnitt Zitteraale in drei Theile, eiden hinteren schienen die el. Kraft verloren zu haben, der und die mit ihm verbundenen Theile gaben aber noch 20 ten hindurch lebhafte Stöſse, und als alle drei Theile wie-

der an einander gefügt wurden, so durchdrang das el. Fluidum sie alle vom Kopfe bis zum Schwanze. In einem andern Falle, wo das Gehirn eines Zitteraals mit einem Meiſsel durchbohrt wurde, ertheilte der Fisch doch noch längere Zeit hindurch Erschütterungen, die jedoch am lebhaftesten waren, wenn der Finger in die Wunde oder in den Mund gesteckt wurde; doch als beim allmäligen Absterben dieses Fisches auch sein Vermögen, Erschütterungen zu ertheilen, verschwand, wurden die letzten Spuren desselben noch empfunden, als der Finger in eine Wunde im Schwanze hineingesteckt wurde.

g. Guisan beobachtete gleichfalls die besondere Empfindlichkeit des Zitteraäls für Körper, welche seine Entladung vorzüglich bewirken können, und also namentlich für Metalle, die, wenn sie in den Wasserbehälter, in welchem der Fisch sich befindet, hineingesteckt werden, ihn jedesmal in eine besondere Unruhe versetzen; auch wenn er nach den Umständen dieselben nicht bemerken kann, und sie ihn hinanzuschwimmen veranlassen, wo er denn mit einer groſsen Heftigkeit dieselben anfaſst, um gleichsam sein el. Fluidum in sie zu ergieſsen. *P.*

Fixsterne.

Stellae fixae; étoiles fixes; fixed stars; heiſsen alle Sterne, die nicht *Kometen* oder *Planeten* sind, und zwar deswegen, weil sie ihre gegenseitige Stellung immer unverändert behalten.

Scheinbare Bewegung und Gröſse.

Daſs die Fixsterne, obgleich wir sie als ihre Lage nicht ändernd ansehn, dennoch scheinbare Bewegung zeigen, läſst sich wohl erklären. Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe bringt den *scheinbaren Aufgang* und *Untergang* der Sterne, und den Anschein, als ob sie sich in 24 Stunden um die Erde bewegte, hervor, aber da diese Bewegung allen gemeinschaftlich ist, so erkennen wir leicht, daſs nur die Rotation der Erde es ist, die diese scheinbare Bewegung hervorbringt. Der Lauf der Erde um die Sonne bringt eine in verschiedenen Jahreszeiten ungleiche Stellung der Sterne gegen die Sonne hervor; diejenigen Sterne, welche zu gewissen Zeiten Abends aufgehen, kommen zu anderer Zeit erst um Mitternacht oder Morgens über dem

ıte herauf; aber auch hier überzeugt man sich leicht, daſs ɪne unter sich ihre Stellungen behalten und bloſs die ;cheinbar unter ihnen fortrückt, wovon das wahre Fort- der Erde die Ursache ist.

ch in dem *täglichen* Fortrücken der Sterne am Himmel der genau beobachtende Astronom kleine scheinbare hheiten. Der Stern, der das eine Mal nahe am Zenith, re Mal nahe am nördlichen Horizonte durch den Meri- ıt, erscheint in seiner letzten Stellung den nahe am Pole ımels stehenden Sternen etwas näher, als in der ersteren Weg, den er um den Pol beschreibt, ist kein ganz Kreis. Aber aus allen Beobachtungen ergiebt sich, die Brechung der Lichtstrahlen in der Atmosphäre diese Aenderungen bewirkt.

en so ist auch die im Laufe vieler Jahre merklich wer- Aenderung der Lage der Fixsterne gegen den Himmelspol ahre Bewegung der Sterne, sondern sie entsteht nur da- daſs die Axe der sich drehenden Erde nicht ganz genau rer vorigen Lage parallel bleibt. Das Rückgehen der eichen besteht nämlich in einer Aenderung der Lage des ɔrs am Himmel und in einem dadurch bewirkten Fort- des Nachtgleichenpunctes; und da von diesem Puncte an ge der Gestirne gezählt wird, so ändert sich diese, wäh- e Breite ungeändert bleibt. Auch die Rectascension und tion der Sterne, die sich von einem Jahre zum andern ıuf einen andern Aequator beziehen, leiden fortwährend shalb eine Aenderung. Aber alles dieses hat nur seinen darin, daſs die Axe der Erde nach bestimmten Gesetzen ellung ändert, und nicht immer dem Sterne zugewandt gegen den sie jetzt gerichtet ist. Etwas Aehnliches gilt ehung auf die kleinen Aenderungen, welche durch die ınte *Nutation* der Erdaxe und die Abnahme der Schiefe liptik in der Stellung der Sterne gegen Aequator und k hervorgebracht werden. Auch die zwar schnelle ɔch eine Zeit fordernde Bewegung des Lichtes bringt eine Aenderung in dem scheinbaren Orte der Fixsterne her- Endlich ist es wahrscheinlich, daſs auch eine eigene ung unsers ganzen Sonnensystems eine scheinbare Aen-

S. *Abirrung des Lichtes*.

Digitized by Google

derung in der Lage der Sterne hervorbringen mag, wovon ic nachher bei der eignen Bewegung der Fixsterne etwas sagen werde

Die scheinbare Gröfse oder eigentlich der *scheinbare Glan* der Fixsterne ist sehr verschieden, von dem lebhaftesten Glanz an, den der *Sirius* uns zeigt, bis zu den feinsten teleskopische Sternen hinab, die selbst den mächtigsten Fernröhren nur noc kaum erkennbar sind. Man hat die Sterne immer in Sterne er ster Gröfse, zweiter Gröfse und so weiter eingetheilt; aber die freilich zu oberflächlichen Bestimmungen zureichende, Angab beruhte auf keinem sichern Grunde, und es war daher nich einmal genau möglich, bei allen Sternen zu sagen, ob man denn noch zur zweiten oder schon zur dritten Ordnung rech solle u. s. w. Herschel hat eine zuverlässigere Methode be folgt, um die Gröfse der Sterne zu bestimmen. Da nämlich die Betrachtungen, welche im Art. *Fernrohr* angegeben sind, ihm dazu dienten, die Lichtstärke seiner Fernröhre zu bestim men, so fand er darin ein Mittel, den wahren Glanz zweier Sterne mit einander zu vergleichen. Wir sehen im Fernroh ein minder glänzendes Bild eines Sterns, wenn wir die Oef nung des Fernrohrs zum Theil verdecken; wenn man also zwe an sich ganz gleiche Fernröhre so anwendet, dafs man durch das eine mit unverminderter Oeffnung einen kleinern Stern be obachtet, durch das andere einen gröfseren Stern, bei dem le teren aber die Verminderung der Oeffnung allmälig fortschreite läfst, bis der gröfsere Stern wegen verminderter Oeffnung dem kleinern mit voller Oeffnung gesehenen Sterne gleich ist, hat man durch die Abmessung der Oeffnung ein genaues Maß der Lichtstärke beider. Dafs aber der Eindruck, den beide Sterne auf das Auge machen, gleich ist, erkennt man, wenn man abwechselnd durch das eine Fernrohr den einen, durch das andere Fernrohr den anderen Stern beobachtet. Auf diese Wei hat Herschel viele Bestimmungen gemacht, von denen fol gende Angaben als Beispiele dienen [1]. Der Stern α in der An *dromeda*, und der *Polarstern* haben $\frac{1}{4}$ des Lichtes, welche *Arcturus* besitzt; der Stern μ im *Pegasus* hat $\frac{1}{4}$ des Lichtes vo α der *Andromeda;* und ebenso ist q im *Pegasus* einer der Sterne, die $\frac{1}{4}$ des Lichtes haben, das wir am μ des *Pegasus* be obachten. Aus den im Art. *Fernrohr* angeführten Gründe

1 Philos. Trans. for 1818. 429.

kann man also sagen, wenn Arcturus in die zweimal so grofse Entfernung von uns gerückt würde, so würde er α der Andromeda gleich erscheinen; viermal so entfernt, als er jetzt ist, würde er dem μ des Pegasus, achtmal so entfernt würde er dem q des Pegasus gleichen. Hiernach müfste man q des Pegasus, einen Stern achter Gröfse nennen, obgleich die Verzeichnisse ihn zur fünften Gröfse rechnen. Nach ähnlichen Bestimmungen setzt HERSCHEL das Licht des *Sirius* $= 1$, der *Capella* $= \frac{4}{9}$, des *Procyon* $= \frac{16}{49}$ und so ferner, und findet, dafs die kleinsten, mit blofsem Auge noch sichtbaren Sternen, die man zur sechsten und siebenten Gröfse zu rechnen pflegt, nur $\frac{1}{225}$ des Lichtes, welches Sirius hat, besitzen, oder etwa $\frac{1}{150}$ des Lichtes der verschiedenen Sterne, die wir erster Gröfse nennen, dafs also diese Sterne reichlich zwölfmal so entfernt als Sterne der ersten Gröfse seyn müssen. und daher zur zwölften Gröfse müfsten gerechnet werden. Bedenkt man nun, dafs die raumdurchdringende Kraft eines 20füfsigen Herschelschen Teleskops etwa 70 bis 80 mal so grofs als die des blofsen Auges ist, so reicht ein solches Fernrohr bis zu Sternen der 840sten bis 960sten Gröfse; HERSCHEL's 25füfsiges Teleskop bis zu Sternen der 1150ten Gröfse; das 40füfsige, dessen Kraft $= 191$ ist, bis zu Sternen der 2290ten Gröfse.

Aber nicht blofs die Gröfse der Sterne ist sehr verschieden, sondern auch ihre *Farbe*. Sirius hat ein weifses Licht, statt dafs Aldebaran, der Stern Beteigeuze in Orion's Schulter und andre roth sind; HERSCHEL nennt den Stern 22. σ. des grofsen Hundes Granatroth, und noch mehr rothe Sterne giebt LALANDE an[1]. Auch andere Farben finden sich bei den kleinern Sternen und HERSCHEL's Verzeichnisse geben blauliche, grünliche und violette Sterne an[2]. Auch noch andere Verschiedenheiten des Lichtes glauben einige Beobachter bemerkt zu haben. OLBERS z. B. bemerkt, dafs unter den kleineren Sternen einige ein scintillirendes Licht zeigen, während andere, bei gleicher Lichtstärke, ein stilles und ruhiges Licht besitzen, und äufsert den Gedanken, dafs die letzten wohl die entferntern seyn möchten[3].

---

1 Connaiss. des Tems. pour. l'an XV. p. 378. und de Zach corr. astron. VII. 298.

2 Vorschläge die Farben der Sterne näher zu bestimmen in Philosoph. Magaz. 1824. März. Apr.

3 Astron. Jahrb. 1826. S. 120.

Digitized by Google

Wahre Entfernung und Gröfse, Anzahl und Anordnung der Sterne.

Da die Erde jährlich einen Kreis durchläuft, der 41 Millionen Meilen im Durchmesser hat, so sollte man glauben, es müfste eine Parallaxe der Fixsterne statt finden, man müfste an den nähern eine scheinbare Aenderung der Stellung gegen die entferntern bemerken; aber dieses ist auf keine merkliche Weise der Fall. Die seit Bradley's Zeit oft wiederholten Bemühungen, die jährliche Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen, haben die Ueberzeugung herbeigeführt, dafs sie gewifs bei keinem Sterne, auf den man die Beobachtung gerichtet hat, zwei Secunden beträgt, ja dafs sie vermuthlich kleiner als 1 Sec. ist, aber etwas Bestimmtes, wie grofs die Parallaxe sey, hat man noch bei keinem Sterne gefunden.

Herschel brachte die Beobachtung der Doppelsterne in Vorschlag, um die Parallaxe zu bestimmen, weil, wenn ein näherer und ein sehr viel entfernterer Stern fast in gerader Linie mit unserer Sonne stehen und sich uns daher als Doppelstern zeigen, die kleine Aenderung in der gegenseitigen Stellung, welche aus der Bewegung der Erde hervorgehen möchte, am leichtesten merklich seyn würde. Schröter hat solche Beobachtungen angestellt und glaubt an ζ Orionis und an Mesarthim eine Parallaxe von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Sec. beobachtet zu haben [1]. Aber im Allgemeinen ist diese Methode doch nicht zu empfehlen, weil unter den Doppelsternen weit mehr einander nahe stehende Sterne seyn mögen, als solche, die weit von einander nur durch Zufall nahe neben einander erscheinen, und nur diese, die wir nach und nach wohl mit einiger Sicherheit erkennen werden, sind dieser Beobachtung passend. Andere Astronomen sind daher auch in neuerer Zeit zu der unmittelbaren Ortsbestimmung der Sterne zurückgekehrt, so wie Bradley sie zu eben dem Zwecke anwandte. Piazzi, Calandrelli, und Brinkley haben geglaubt, bei den allersorgfältigsten Beobachtungen eine Parallaxe zu bemerken, die nach Calandrelli [2] bei α der Leier sogar auf 5″, nach Brinkley bei eben dem Sterne auf $2\frac{1}{2}$″ gehen soll. Piazzi's Beobachtungen des Polarsterns, die eine Parallaxe v…

1 Astr. Jahrb. 1805. 200.

2 Astronom. Jahrb. 1814. S. 229. Philos. Transact. 1818. 2… 1821. 327.

Digitized by Google

geben schienen, geben aber nach v. LINDENAU's Be-
ʒ gar keine Parallaxe, wenn man einige Beobachtungen,
ı MASKELYNE's gleichzeitigen Beobachtungen zu sehr
:en, ausschliefst[1]. BRINKLEY's Beobachtungen, von
übrigens POND mit aller Achtung spricht, scheinen
eichfalls durch irgend einen andern Umstand die Diffe-
ʒegeben zu haben, die BRINKLEY der Parallaxe zuschreibt.
ses sicher zu entscheiden, hielt POND seine übrigen vor-
en Instrumente nicht für genau genug, und liefs daher
ehnfüfsige Fernröhre völlig feststehend, das eine auf α
ers, das andere auf α des Schwans richten[2]. Jedes die-
nröhre enthält ein sehr genaues Mikrometer und man
ıtet nun den Durchgang jenes Sternes und eines zweiten
asselbe Feld gehenden, der nach seiner Stellung die Maxima
ıllaxe zu ganz anderen Jahreszeiten haben müfste. Auf diese
wurden α des Schwans und β des Fuhrmanns zusammen
ıtet, und hier ergab sich, dafs die Parallaxe dieser Sterne
lich $\frac{1}{10}$ Sec. betragen könne[3]. Bei α der Leier konnte diese
chtung nicht gut gebraucht werden, weil kein hinreichend
auch bei Tage im Fernrohr sichtbarer Stern sich in glei-
eclination und ungefähr 12 Stunden später durch den Me-
gehend auffinden läfst; POND beobachtete daher α der
und γ des Drachen, so dafs er ihren Winkelabstand zu
ahreszeiten strenge bestimmte, und durfte diese Sterne
sto mehr Recht wählen, da BRINKLEY dem ersten eine
ende Parallaxe, dem zweiten gar keine merkliche Parall-
ıschreibt. Bei diesen Beobachtungen wurden alle Vor-
ı angewandt, und namentlich darauf gesehen, dafs die
eratur im Observatorio der äufsern gleich war, und das
at war, dafs auf den Unterschied der Parallaxen beider
noch kein Zehntel Secunde komme[4]. Auch die auf α
eier allein gerichteten Beobachtungen zeigen, dafs dieser
keine für POND's höchst vortreffliches Instrument merk-
Parallaxe hat[5], und dafs also wohl in BRINKLEY's Instru-

Astron. Jahrb. 1819. S. 217.
Phil. Tr. 1817. 160.
Phil. Tr. 1817. 356.
Phil. Tr. 1823. 54.
a. a. O. 69. 70. 72.

Digitized by Google

ment, so vorzüglich es für Sterne nahe am Zenith ist, doch vielleicht kleine Fehler, die zugleich von der Temperatur abhängen mögen, bei Sternen, welche weiter vom Zenith entfernt sind, eintreten.

Auch nach diesen Untersuchungen also scheinen wir zu der Behauptung zurück geführt zu werden[1], dafs wir die Grenzen der Parallaxen immer desto enger finden, je vollkommener unsere Instrumente und unsere Beobachtungsmethoden werden, und dafs eine wahre Bestimmung der Parallaxe unmöglich ist. Betrüge aber die Parallaxe $\frac{1}{2}$ Secunde, für die nächsten Fixsterne, so wären diese dennoch 500000 mal so weit als die Sonne, das ist 10 Billionen Meilen von uns entfernt und das Licht, welches in $8\frac{1}{8}$ Minuten von der Sonne zu uns kommt, würde $7\frac{2}{3}$ Jahre gebrauchen, und von diesem nächsten Fixsterne zu uns zu gelangen. Der gröfseste Theil der Fixsterne mufs noch weit entfernter seyn, und wenn man annimmt, dafs der *Sirius* ein Weltkörper mittlerer Gröfse ist, oder dafs im Allgemeinen die Sterne, die uns am gröfsten erscheinen, nur durch ihre Nähe diesen Vorzug haben, (eine Voraussetzung, die allerdings in Beziehung auf einen einzelnen Stern fehlerhaft seyn kann, aber als mittlere Bestimmung für *alle* doch die einzige wahrscheinliche ist), so läfst sich nach den schon angeführten Bestimmungen Herschel's mit Grunde sagen[2], dafs die uns mit Fernröhren sichtbaren Sterne sich wenigstens bis auf 900 Siriusweiten oder bis auf Entfernungen, 900 mal so grofs, als die des nächsten Fixsterns erstrecken. Herschel führt[3] Beobachtungen über die Sterne im Degengriff des Perseus an, welche mit grofser Sicherheit zu zeigen scheinen, dafs hier Sterne hinter einander liegen, die sich von 24 Siriusfernen bis 340 Siriusfernen durch einen Raum von 3000 Billionen Meilen erstrecken. Dieser Sternhaufen nämlich zeigt dem blofsen Auge keinen einzelnen Stern deutlich; nimmt man aber ein Fernrohr, welches doppelt so weit als das blofse Auge in den Raum eindringt, so

---

1 Auch Bessel stimmt hiermit überein: Fundamenta astronomiae p. 121.

2 Diese Angabe Herschel's scheint absichtlich, als die kleinste, welche man annehmen kann, gewählt, denn nach der Kraft des 40 füfsigen Teleskops zu rechnen, könnte man 2000 statt 900 setzen.

3 Phil. Tr. 1818. 429.

Digitized by Google

ı einige Sterne, deren Zahl stets mehr zunimmt, je
an nach und nach die Kraft des Fernrohrs wählt, und
gen sich noch neue Sterne, wenn man auch ein Fern-
ıt, das $28\frac{1}{2}$ mal so weit als das bloſse Auge (bis 342
en) in den Raum eindringt. Bei einem solchen ein-
ernhaufen kann man zwar einwenden, er könne wohl
eren, einander nahe stehenden Sternen bestehen, aber
aussetzung kann doch nicht mit Wahrscheinlichkeit
Gegenden der *Milchstraſse*, in welcher auf ähnliche
les stärkere Fernrohr immer neue Sterne sichtbar macht,
lt werden, und wir dürfen sagen, daſs so weit es uns
ı irdischen Standpuncte zu beurtheilen erlaubt ist, die
ebenden, besonders in der Milchstraſse sich bis zu
Entfernungen erstreckenden Sterne, bis auf wenigstens
llionen Meilen Entfernung von uns ausgebreitet seyn

er die *wahre Gröſse* der Sterne können wir zwar nichts
sagen, aber die Ueberlegungen, die sich uns hier dar-
stimmen so mit den eben angeführten Bestimmungen zu-
, daſs sie diese zu bestätigen dienen. Daſs sie *Sonnen*
bstleuchtende Körper sind, kann man als gewiſs anneh-
eils weil wir nicht einsehen, von woher sie Erleuchtung
sollten, theils weil Körper mit fremdem Lichte erleuch-
gewiſs nicht in so groſser Entfernung sichtbar seyn könn-
er scheinbare Durchmesser der Sterne ist aber so klein,
eine Messung desselben nie zu denken ist. Je reiner
er sind, die ein Fernrohr darstellt, desto mehr überzeugt
h, daſs auch die stärksten Vergröſserungen keinen meſs-
Durchmesser zeigen. Eben dieses zeigt die Bedeckung
ne durch den Mond, indem sie hinter dem dunkeln
nicht nach und nach, wie es einem gröſsern scheinbaren
esser gemäſs wäre, sondern plötzlich verschwinden.
hotometrische Untersuchungen zeigen, daſs wenn unsere
so weit hinausgerückt würde, als die nächsten Fixsterne
yn mögen, sie uns wohl noch den Glanz eines Fixsterns
könnte, obgleich ihr Durchmesser nur noch $\frac{1}{250}$ Sec. be-
also unmeſsbar seyn würde. Als ein Beispiel solcher
nung theilt Olbers[1] die Vergleichung mit, die sich aus

---

[1] v. Zach Mon. Corr. VIII. 301.

dem, zu gewissen Zeiten gleichen Glanze des Mars und A baran ergiebt. Diese zeigt, daſs man die Lichtstärke der S wenigstens 97000 Millionen mal gröſser als die eines Fix erster Gröſse setzen muſs, und daſs sie sogar wohl über 12 Millionen mal so groſs kann angenommen werden. Sollt Sonne also so schwach an Licht erscheinen, als ein Fixster ster Gröſse, so müſste sie 310000 mal bis 350000 mal so wei uns seyn, als sie jetzt ist, und auch nach diesen Bestimmu wäre die Entfernung des nächsten Fixsterns 7 Billionen M Wir können also nun auch den Schluſs umkehren und sage nach Angabe der Parallaxe die Entfernung selbst der nä Sterne so ungemein groſs ist, so müssen wenigstens die S erster Gröſse eher gröſser als kleiner, wie unsere Sonne und da doch ganz gewiſs nur wenige Sterne sich in jener ge sten Entfernung, die übrigen nach und nach viel weiter fernt, befinden, so ist aller Grund, im Allgemeinen zu s die Fixsterne sind wahrscheinlich nicht kleiner als unsere S Schubert's[1] Meinung, daſs die Sterne, die entfernter vo stehen, auch kleiner sind, eben darum aber auch unser sich nicht so tief in den Raum erstrecke, als Herschel a nimmt, scheint mir ganz unbegründet, obgleich im Ein wohl manche Sterne klein seyn können, und es sofern unmöglich wäre, daſs selbst unter den kleiner erschein Sternen einmal einer aufgefunden würde, der eine meſsbare rallaxe hätte.

Ueber die *Anordnung* der Sterne in dem unermeſsli Sternsysteme, zu welchem uusere Sonne gehört, wisse nichts, und haben keine sicheren Mittel, um uns zuverl Kenntnisse davon zu erwerben. Nimmt man an, daſs im D schnitt alle Sterne gleich groſs sind, so würde Herschel's erwähnte Methode, zu beobachten, bei welcher Raum d dringenden Kraft uns irgend ein Stern sichtbar wird, ein seyn, die Entfernung desselben zu bestimmen, und die s gestellten Abzählungen scheinen die gleiche Austheilung im R welche ohnehin die einzige wahrscheinliche Hypothese ist, nigstens eher zu bestätigen als zu widerlegen. Wenn man eine Kugelfläche vom Halbmesser = 1 als das Gebiet u

1 Nicht des Astronomen, sondern des Philosophen, der *Kosmographie* geschrieben hat.

Digitized by Google

:t, und das Gebiet einer zweiten Sonne daran grentände diese in der Entfernung = 2 und ihr Gebiet ch von der Entfernung = 1 bis zur Entfernung = 3; hicht zwischen den Oberflächen, deren Halbmesser = 3 sind, enthält aber 26 solche Räume, wie das Ge- Sonne, und es müſsten daher bei gleicher Austhei- terne 26 Sterne erster Ordnung seyn; die Kugel- schen den Halbmessern = 3 und = 5, enthält 98 :, dem Gebiete unserer Sonne gleich, also Raum für ler zweiten Ordnung und eben so haben wir 218 für lritten Ordnung, 388 für Sterne der vierten Ordnung. CHEL's oben angeführten Beobachtungen würde μ des vierten Ordnung gehören, und wenn man alle Sterne nimmt, die, nach den gewöhnlichen Angaben der ben so groſs oder gröſser erscheinen, so geben die eren 730 (eigentlich wohl noch mehrere, da PIAZZI's n Stern μ schon zwischen vierter und fünfter Gröſse : demnach den 728 Sonnengebieten ganz genau ange- iren. Gehen wir nun weiter und berechnen die Räume ı Ordnung = 602, der sechsten Ordnung = 866, der Ordnung = 1178, so würde die Summe dieser Räume , und da q des Pegasus, ein Stern fünfter Gröſse nach ›gen, nach HERSCHEL's Bestimmung der Lichtstärke lie achte Ordnung gehört, so könnten wir die 1161 fünften Gröſse, welche die Kataloge angeben, zu die- rdnungen rechnen, und diese wären also lange nicht h, als sie seyn könnten. Die Zahl der Sterne, wel- sechster oder siebenter Gröſse nennt, wird auf unge- 0 angegeben, aber da unsere Kataloge hier unvoll- ind, so muſs man freilich etwas mehr rechnen; diese hmen nach HERSCHEL's Lichtabmessung wenigstens neunte, zehnte und eilfte Ordnung ein und der Raum, : zerstreut sind, beträgt gegen 9000, oder wenn man e Ordnung, wie es nach HERSCHEL's Bestimmung er- noch mit hinzunimmt, über 12000, so daſs bis zu den hin, die das bloſse Auge übersieht, die gleiche Gröſse e und die gleiche Ausdehnung der Sterngebiete nicht von der, als wahrscheinlichstes Resultat der Beobach- ergebenden Bestimmung abweicht. Diese Ueberlegun- :n auch den Weg, wie man die Frage nach der Anord-

nung unsers Sternsystems, zwar nie mit Sicherheit, doch mit immer gröſserer Wahrscheinlichkeit weiter be worten kann.

Bei früheren Beobachtungen hatte Herschel, um nur gefähr den Umriſs des Sternsystems kennen zu lernen, welchem unsere Sonne gehört, sich mehr auf die Stern lungen verlassen, und die Entfernung, bis zu welcher hi sich die in einer bestimmten Gegend beobachteten Sterne streckten, der Cubikwurzel ihrer Anzahl in einem immer chen Gesichtsfelde proportional angenommen, so daſs wenn das eine Mal 5, das andere Mal 472 Sterne im Ges felde erschienen, die Räume, worin sie ausgebreitet seyn ten, wie $\sqrt[3]{5}$ zu $\sqrt[3]{472}$, wie 1710 zu 7786 angenommen wu Nach diesen Grundsätzen hat damals Herschel einen Q schnitt unsers Sternsystems gezeichnet[1], und die Ausdeh desselben nach einer Richtung *senkrecht auf* die Milchst etwa 100 Siriusfernen nach beiden Seiten, nach einer Rich *in* der Milchstraſse an der einen Seite 300, an der andern gen 500 Siriusfernen angegeben. Wenn man mit Fernr von ungleichen Raum durchdringenden Kräften nach allen genden des Himmels ähnliche Sternzählungen anstellte, so die Frage nach der Anordnung und Gröſse unsers Sterns viel vollständiger beantwortet werden, und Herschel's A ben, die als erste Versuche dieser Art schon recht viel gel haben, würden gewiſs noch manche Berichtigung erhalten.

Von der unzähligen Menge der Sterne geben diese Zä gen wenigstens einen oberflächlichen Begriff. Herschel nämlich an, daſs nach der Zählung in einigen Gesichtsf in dem dichtesten Theile der Milchstraſse, 116000 Sterne ner Viertelstunde durch das Teleskop gingen, in einem Str der $2\frac{1}{2}$ Grad Breite hatte. In den von der Milchstraſse ent ten Gegenden des Himmels ist freilich die Anzahl der S viel geringer, aber wie ungemein groſs dennoch die Anzahl mit den stärksten Fernröhren sichtbaren Sterne ist, läſst hieraus ungefähr abnehmen.

---

1 Herschel's sämmtliche Schriften 1ster Band. S. 114. Taf.

ʒene Bewegung der Fixsterne.

:h wir, sobald es auf irgend erhebliche Aenderungen ng ankommt, mit Recht behaupten, dafs die Fixsterne ; gegen einander nicht ändern, so haben doch genaue ʒen gezeigt, dafsauch sie nicht ganz unbewegt bleiben. ıeinend eigenthümliche Bewegung ist zuerst von lurch Vergleichung mit des Ptolemäus Angaben ıd für einige gröfsere Sterne ist theils von ihm, theils und mehreren Astronomen derselben Zeit, die Gröfse ickung angegeben worden. Ein etwas vollständigenifs von 70 Sternen, an denen man eigene Bewegung ab Tob. Mayer[2] und später sind die Beobachtun- Vergleichungen mit älteren Beobachtungen sehr ver- .en. Namentlich hat Piazzi seine eigenen Beobach- denen der früheren Astronomen verglichen; Bessel adley's Beobachtungen die nach allen Reductionen nde eigene Bewegung bestimmt. Maskelyne und n eben diese Vergleichungen angestellt[3]. Nach die- ıuchungen hat *Sirius* eine eigene Bewegung von ich, *Arcturus* rückt 2 Sec. südlich fort. Eine vor- ke eigene Bewegung haben nach Bessel μ der *Cas*- elcher 6′ 10″ in 100 Jahren fortrückt, d im *Eri*- cher 6′ 44″, und No. 61 im *Schwan*, welcher 8′ 31″ Jahren zurücklegt. Bei diesen Sternen beträgt also Bewegung 4 bis 5 Secunden jährlich und kann daher genommen werden. Bessel führt es als etwas vormerkenswerthes an, dafs sich unter den Sternen, de- Bewegung bedeutend ist, so viele Doppelsterne finlich unter den aus Bradley's Beobachtungen ange- l Sternen, deren jährliche Bewegung mehr als ½ Sec. nd 17 Doppelsterne; ja es rücken selbst Sterne, die nder ganz nahe stehen, gemeinschaftlich fort, z. B. lstern A im *Ophiuchus* und No. 30. im *Scorpion*, die n von einander entfernt sind, haben eine gemein-

l. Tr. 1718. 736.

ɛra inedita. I. No. 6.

ızi im Libro sesto del real osserv. di Palermo, Bessel in mentis astronomiae pro anno 1755, p. 308.

schaftliche Bewegung, die über 1 Sec. jährlich beträgt[1]. Et Aehnliches scheint hie und da bei noch weiter von einan entfernten Sternen statt zu finden. Pond[2] hat zu diesen I stimmungen der eigenen Bewegungen noch folgende unerw tete Bemerkung hinzugefügt. Wenn Pond aus Bradle Beobachtungen für 1756 und aus seinen eigenen Beobachtun für 1813 die eigene Bewegung, so als ob sie gleichförmig w herleitete, und, mit gehöriger Rücksicht auf das Rückgehen Nachtgleichen, den Ort eines Sternes für eine spätere Zeit I stimmte, so fand er im Allgemeinen, daſs die Beobachtung Sterne südlicher angab, als jene Vorausberechnung; diese Te denz zu einer südlichern Stellung schien stärker bei den sü chern als bei den nördlichern Sternen, und die wenigen Ste die eine Tendenz nordwärts zeigten, lagen nördlich vom Ze und hatten ihre Lage wenig geändert. *Sirius* befindet sich der Seite des Himmels, wo die südliche Bewegung, wie scheint, am merklichsten ist, *Antares* in der entgegengeset Gegend, wo sie wieder merklich ist. Einige Sterne haben mehr von ihrem vorausberechneten Platze entfernt, als and benachbarte Sterne, und da wo dieses der Fall ist, findet die Bewegung allemal südlich. *Capella*, *Procyon* und *Siri* deren eigene Bewegung schon nach älteren Beobachtungen südwärts gerichtet bekannt war, stehen immer südwärts dem voraus berechneten Orte, und haben also eine beschl nigte südwärts gerichtete Bewegung. Zu bemerken ist auch, sagt Pond, daſs obgleich in dem Greenwicher Katal sich eben so viele Sterne finden, deren eigene Bewegung n lich, als deren eigene Bewegung südlich ist, dennoch Summe aller südlichen eigenen Bewegungen viermal so groſs aller nördlichen ist, doch könne man noch immer nicht sagen, ob dieses nicht Zufall sey.

Man kann mit Recht die Frage aufwerfen, ob nicht diese Bewegung der Fixsterne nur eine scheinbare sey. Prevost nebst Herschel haben fast zu gleicher Zeit die Unt suchung angestellt, welche scheinbare Bewegung sich an Sternen müſste wahrnehmen lassen, wenn unsere Sonne allen Planeten im Weltraume fortrückte. Ist nämlich un

1 Dies bestätigen South and Herschel Ph. Tr. 1826. 365.

2 Phil. Tr. 1823. p. 36.

'ixstern, und haben andere Fixsterne eine eigene Be-
· ist es wahrscheinlich, daſs auch sie im Raume fort-
; ist schon an sich eine absolute Ruhe ganz unwahr-
diese Bewegung aber muſs auf den scheinbaren Ort
einen Einfluſs haben, am meisten auf die, welche
ind. Die Sterne, gegen welche hin sich unser Son-
ewegt, müssen weiter aus einander zu rücken, die
hinter uns zurücklassen, müssen ihre Abstände zu
scheinen, alle aber werden sich, wenn die Bewe-
Sonne allein die Ursache dieser scheinbaren Be-
, so fortbewegen, daſs der scheinbar durchlau-
: gegen den Punct zu geht, von welchem ab-
e Bewegung gerichtet ist. Hierauf gründete sich
und Herschel's Bemühung aus den damals bekann-
tungen die Richtung der Bewegung vieler einzel-
auf die Himmelskugel aufzuzeichnen, und zu se-
Durchschnittspuncte dieser Richtungslinien vielleicht
mmelsgegend zusammenfielen. Wäre wirklich die
unserer Sonne, die wir ohne Zweifel für eine nicht
he Zeit als geradlinigt ansehen dürften, die *einzige*
er Erscheinung, und wären die Beobachtungen voll-
nau, so müſsten alle jene scheinbaren Wege einzel-
verlängert sich genau in zwei einander gegenüber
uncten der Himmelskugel durchschneiden, und alle
n müſsten dem *einen* Puncte zu gehen; und selbst
haft eigene Bewegungen sich einmischten, lieſse sich
ıſs jene Durchschnittspuncte doch um den Punct
hin sie eigentlich genau fallen sollten, zahlreicher
rden, als anderswo. Die Beobachtungen schienen
lich zu bestätigen, und die Durchschnittspuncte der
f welche die Sterne fortrücken, deren eigene Bewe-
heblichsten ist, schienen nach Prevost[1] um einen in
scension liegenden Punct am meisten vorzukommen.
setzte den Punct[2], gegen welchen die Sonne zu
λ des *Hercules* in 258° Rectasc. und 27° nördl. Decl.
st findet in seiner spätern Untersuchung diesen Punct

—

ı. de Berlin 1781. p. 445. und astron. Jahrb. 1805. S. 113.
on. Jahrb. 1787. S. 224. 1811. S. 224. und 1ster Suppl. Bd.
Transact. 1783. 147.

ganz wohl mit den Beobachtungen übereinstimmend. S
hat Herschel das Knie des *Hercules* (in 246° Rectasc.
49½ Decl.) als noch genauer den Beobachtungen entsprec
angegeben, und bemerkenswerth ist es wenigstens, da
viele Durchschnittspuncte der eigenen Bewegung gröſserer S
in und um den *Hercules* fallen [1]. Aber spätere Vergleich
haben dennoch die Meinung, daſs die Bewegung unsers
nensystems sich so deutlich in den eigenen Bewegunge
Fixsterne zeige, als sehr unsicher dargestellt, indem,
Bessel bemerkt [2], ganz entfernte, ja diametral einander e
gengesetzte Puncte an der Himmelskugel angegeben w
können, die man hiernach als die Puncte, auf welche n
Sonne geht, ansehen dürfte.

Wenn man Bessel's Angaben der eigenen Bewegung
was näher betrachtet, so scheint es, daſs aus diesen sich
nicht die eigene Bewegung der Sonne verräth, aber doch
che merkwürdige Uebereinstimmungen bei Sternen, die in
lei Himmelsgegend stehen, vorkommen. So z. B. haben
Sterne in der Cassiopeja, β, η, μ, zwar eine ungleiche
rückung, aber eine nahe gleiche Richtung, indem der ei
des Kreises, auf welchem jeder von ihnen fortrückt, seh
bei 160° Rectasc. und 30° Decl. liegt [3]; etwas Aehnliches
wenn gleich weniger gut, bei ε und 61 des *Schwans* und
α des *Adlers* statt, wo der Pol bei 190° Rectasc. und 40
Declin. liegt. — Aber freilich darf man auf diese, wa
zufälligen Umstände keinen groſsen Werth legen.

Zu bemerken ist endlich noch, daſs auch bei den S
deren eigene Bewegung so erheblich ist, keine jährliche
axe beobachtet wird, und sie also sehr weit von der Er
fernt seyn müssen [4].

Doppelsterne.

Man findet sehr viele Sterne, die so nahe neben e
nen oder auch mehrere haben, daſs man sie für zusa

---

1 Astron. Jahrb. 4ter Suppl.-Band. S. 70. 71.

2 Fundamenta astron. p. 309.

3 Das Gemeinschaftliche, was hierin zu liegen scheint,
durch v. Lindenau's Bemerkung (Astron. Jahrb. 1818. S. 24
die Sterne um μ Cossiop. eine ähnliche Bewegung zu haben
noch an Merkwürdigkeit.

4 Astron. Jahrb. 1818. S. 248.

Digitized by Google

Sterne anzusehen Veranlassung findet. Diese Doppel-
ler vielfachen Sterne könnten, freilich wohl auch nur
, einander nahe seyn, und wirklich, zwar fast in der-
chtung, aber doch sehr weit von einander entfernt,
llein wenn man nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung
, wie viele Sterne selbst 10ter, 12ter Gröſse auf einen
ad am Himmel im Durchschnitte kommen, so findet
s das Zusammentreffen mehrerer oder auch nur zweier
Entfernung von wenig Secunden nur sehr selten zufäl-
mmen könnte. Dieser Grund[1] gäbe schon Veranlas-
e Doppelsterne als wirklich in Verbindung stehend an-
aber diese Verbindung zeigt sich bei manchen noch
heidender durch eine gemeinschaftliche eigene Bewe-
durch Bewegung um einander. Schon CHRIST. MAYER
uf diese Fixsternsysteme aufmerksam[2], und obgleich
nung, daſs wir dort Planeten, die um einen Fixstern
ähen, wohl keinen Beifall verdient, so hat er doch
iet, was spätere Zeiten bestätigt haben.

r den Sternen, welche als Doppelsterne eine starke ei-
vegung haben, oder wo beide zusammen fortgerückt
No. 61 im *Schwane* am merkwürdigsten. BESSEL[3]
zi haben zuerst hierauf aufmerksam gemacht, der er-
r hat die relative Bewegung beider gegen einander
er untersucht. Seit BRADLEY's Zeit kennt man diesen
Doppelstern, und seit dieser Zeit sind beide Sterne,
n Abstand erheblich zu ändern, um 7 Minuten gegen
hbarten Sterne fortgerückt. Diese zwei Sterne rücken
Veltraume zusammen fort, und da ihr scheinbarer Weg
Secunden, ihre Parallaxe aber allem Anschein nach
ecunde beträgt[4], so muſs der wahre durchlaufene
nigstens 200 Millionen Meilen betragen. Dabei haben
Sterne eine gegenseitige Bewegung, so daſs der Stel-

—

rschel's Schriften I. S. 180.

ayer's Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntra-
Mannh. 1778. und Comment. Acad. Theodoro-Palat. Vol. IV.
0. auch Astron. Jahrb. 1784. S. 183. und 1785. S. 132.

tron. Jahrb. 1815. S. 209.

ach Bessel's zahlreichen Beobachtungen ist sie ganz unmerk-
ron. Zeitschr. von v. Lindenau. II. 134.

lungswinkel sich etwa um 60 Grade geändert und der Absta
von 20″ bis ungefähr auf 15″ abgenommen hat. Die Ste
scheinen also seit BRADLEY's Zeit bis zu BESSEL's Beobacht
gen ein Sechstel ihrer Bahn durchlaufen zu haben, so dafs i
ganze Umlaufszeit 350 bis 400 Jahre seyn würde[1]. Ein Pla
der in 354 Jahren um unsere Sonne lief, müfste 50 mal so v
als die Erde von der Sonne entfernt seyn, und folglich, w
die Summe der Massen jener beiden Sterne der Sonnenm
gleich wäre, so würde die Parallaxe der Erdbahn nur $\frac{1}{50}$
scheinbaren Abstandes, etwa $\frac{1}{3}$ Secunde betragen. Die Ver
thung, dafs diese Sterne eben so viel Masse als die Sonn
ben, ist also durch die Beobachtung, dafs die Parallaxe un
lich ist, so ziemlich bestätigt, und ihre Masse kann noch gr
seyn, wenn die Sterne noch weiter von uns entfernt sind.

Ueber ähnliche Bewegungen der Doppelsterne um ein
hat zuerst HERSCHEL eine Reihe von Beobachtungen bek
gemacht, zu denen nachher STRUVE und SOUTH die wic
sten Zusätze und Bestätigungen geliefert haben[2]. Aus di
Beobachtungen hebe ich einige aus. Der Stern *Castor* ist
Doppelstern, der Abstand beider von einander 5 Secunde
Umlaufszeit, nach SOUTH's und des jüngern HERSCHEL's B
achtungen 460 Jahre. Sollten diese beiden Sterne zusa
eine Masse so grofs als unsere Sonne haben, so müfste
60 mal so weit von einander als die Erde von der Sonne
fernt seyn, und ihre Parallaxe kaum $\frac{1}{12}$ Secunde betragen.
Bootes gewährt, wegen der eigenthümlichen Lichtfarbe b
Sterne, das Ansehen, als ob es ein Planet mit seinem Trab
wäre. ζ des *Hercules* ward 1782 als ein Doppelstern beo
tet, wo der gröfsere ein bläulich weifses, der kleinere ein
farbiges Licht hatte; der schon damals geringe Abstand
1795 so abgenommen, dafs er schwerer zu erkennen war;
waren beide Sterne gar nicht mehr als getrennt zu erkenne
scheinen sich also bedeckt zu haben. HERSCHEL mach
diesen Beobachtungen die richtige Bemerkung, dafs man

---

1 Die Winkelbewegung scheint, nach SOUTH und HERSCHEL
langsamer zu seyn und nur $\frac{3}{4}$ Gr. jährlich zu betragen. Phi
1826. 382.

2 Astron. Jahrb. 1808. S. 154. 226. Ph. Tr. 1803. 1804. P
1826. 321.

die Bewegung der Sonne Rücksicht nehmen müsse, ›r über die gegenseitige wahre Bewegung der Dop- nicht ganz sicher urtheilen könne, bis man durch ɪnschaftliche Fortrücken beider Sterne die Richtung, her sie vermöge eigener Bewegung und Parallaxe fort- ›nnen gelernt habe. Er bemerkt ferner, dafs in der ›e viele Fälle vorzukommen scheinen, wo die Nähe ·rne nur scheinbar ist, wo nämlich, bei der unzähl- ›ge hinter einander stehender Sterne, uns ungleich ·rnte Sterne als Doppelsterne erscheinen. Unter die- daher viele, die keine Aenderung der Stellung zei- dafs bei isolirten Sternen, welche Doppelsterne sind, en meisten Fällen Aenderung der Stellung wahrneh-

ve zeichnet unter den vielen von ihm genau beob- Doppelsternen[1], besonders ξ im *grofsen Bäre* und ι *Ophiuchus*, deren starke gegenseitige Bewegung ɪschel schon bemerkt hatte, als vorzüglich bemer- ı uns. Der Doppelstern ξ im grofsen Bäre besteht aus ›rne vierter bis fünfter und aus einem Sterne sechster hre Entfernung ist $2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{4}$ Secunden. Von 1781 bis der Stellungswinkel sich um 240 Grade geändert, und en letzten Jahren dieses Zeitraumes am stärksten, (nach tzt jährlich 7 Grade)[2]; die Umlaufszeit läfst sich also weniger als 60 Jahre angeben. Wenn man nach Her- allgemeiner Bestimmung die Sterne vierter bis sechster ›wa 8 mal so entfernt als die nächsten Sterne setzt, so diese Sterne nur höchstens $\frac{1}{16}$ Secunde Parallaxe haben, Abstand von einander wäre 40 mal so grofs, als die ıg der Erde von der Sonne; ein Planet unserer Sonne ı diesem Abstande 250 Jahre zu seinem Umlaufe nöthig ınd man kann also in jenem schnellen Umlaufe Grund ıden, um die Masse jener Sterne für viel gröfser als die ıserer Sonne anzunehmen.

Doppelstern p. 70. des *Ophiuchus* besteht aus einem elblichen Sterne vierter und einem rothen Sterne sieben- e, der Abstand beider ist $5\frac{1}{3}$ Sec. und seit Herschel's

---

bservat. astronomicae. Vol. II. p. 177. 179. Vol. IV. p. 187. 188.
h. Tr. 1826. 332.

erster Beobachtung hat sich in 42 Jahren der Stellungswi
beinahe um 300 Grade geändert, so daſs ein ganzer Umlauf
beendigt seyn wird. Die Beobachtungen von South und
jüngern Herschel bestätigen dieses[1], und fügen die wicl
Belehrung hinzu, daſs die Winkelbewegung, welche eine
lang bedeutend schneller geworden war, jetzt stark im Ab
men ist; die letzteren Beobachter glauben auch die Behaup
beifügen zu können, daſs der Abstand beider Sterne von ei
der jetzt im Zunehmen ist, so wie es die abnehmende Wi
geschwindigkeit nach den Attractionsgesetzen fordert. W
wir diesen beiden Sternen zusammen eben die Masse beile
wie unserer Sonne, so müſste der wahre Abstand beider
einander 13 bis 14 mal so groſs, als der Abstand der Erde
der Sonne seyn, und die Parallaxe dieser Sterne könnte
$\frac{1}{3}$ Sec. betragen, wollten wir sie aber nach ihrer scheinl
Gröſse in viel gröſsere Entfernung hinaus gerückt anneh
so müſste ihre Masse sehr viel gröſser, als die Masse un
Sonne seyn.

Die neuesten Beobachtungen von South und dem jün
Herschel fügen zu diesen wichtigen Belehrungen noch man
Neue, indem sie theils eine groſse Anzahl von Doppelst
kennen lehren, welche seit 40 Jahren ihre Stellung gar
verändert haben, theils aber auch das eben Angeführte be
gen[2]. Einzeln kommen hier auch solche Fälle vor[3], wo
eine Stern sich von dem andern, vermöge eigener Bewe
des einen, ganz entfernt, und wo also der eine vermuthlich
näher als der andere seyn muſs, so daſs diese Doppelsterne
leicht durch ihre in verschiedenen Jahreszeiten ungleichen
stände von einander uns eine Parallaxe des näheren Sternes
gen könnten.

Durch South's und Herschel's Beobachtungen lerne
ζ des Krebses als ein System von drei Sternen kennen, die
gegenseitige Lage ändern[4], und so bieten diese Beobachtu

---

1 Ph. Tr. 1826. 371.
2 Ph. Tr. 1824. III. 20. 1826. 1.
3 z. B. Ph. Tr. 1826. 279.
4 Ph. Tr. 1826. 326. Ueber mancherlei mögliche Beweg in solchen zusammengesetztern Systemen hat Herschel Untersu gen, die jedoch lange nicht erschöpfend sind, angestellt. Hers Schriften I. S. 183.

ır viel Beachtenswerthes dar, was ich indefs, da bei Einzeln lange zu verweilen hier nicht möglich ist, übergehe[1].

Ob diejenigen Sterne, die als vielfache Sterne nahe bei einer erscheinen, wirklich in Verbindung stehen, darüber fehlen noch genaue Bestimmungen. Man kann die Frage noch ter ausdehnen und fragen, ob die so nahe zusammenstehenzahlreichen Sterne der Krippe im Krebse, des Degengriffs ler Hand des Perseus, selbst die Sterne im Haar der Berenice it zu einem System verbundene, einander nahe Sterne seyn nten. Wenn sie dieses sind, so müfste sich aber ohne Zweitheils eine gemeinschaftliche scheinbare Bewegung, vermöge wohl nicht zu bezweifelnden eigenen Bewegung unseres nensystems, theils eine relative Bewegung gegenseitiger läufe wahrnehmen lassen; so lange die Beobachtungen uns se nicht zeigen, haben wir keinen Grund, sie als näher verıden anzusehen, und können daher solche Bestimmungen, wie von Herschel angegebenen, über den Sternhaufen im Per: als sehr wahrscheinlich annehmen. Was diejenigen Sternfen betrifft, die selbst in Fernröhren nur durch ihren vergten Glanz sichtbar werden, so verspare ich die dahin gegen Angaben für den Artikel *Nebelflecke*.

Veränderliche Sterne.

Wenn wir unsere jetzige Bestimmung des scheinbaren Glanverschiedener Sterne mit den Bestimmungen älterer Astron vergleichen, so finden sich manche merkwürdige Verdenheiten. Olbers bemerkt z.B. dafs α im Drachen, δ im n Bären (den Bayer noch dem Sterne β gleich angab) und Adlers eine Abnahme des Lichtes erlitten zu haben scheistatt dafs σ des Schützen und ε des Pegasus vielleicht helworden sind[2]. Andere Sterne scheinen eine andere Farbe ommen zu haben, denn Sirius, den Seneca[3] roth, wie

---

Herschel's Verzeichnisse von Doppelsternen. Phil. Tr. 1782. Beobachtungen von Bessel in Schumacher astron. Nachr. IV. Struve's neue Doppelsterne, in Schumacher astron. Nachrichten

Astron. Zeitschrift von v. Lindenau etc. II. 182.

Quaest. natur. I, 1. acrior caniculae rubor Martis remissio Tr. 1760. 498.

Mars, nannte, ist jetzt gewiſs von allem vorherrschenden Rot
vollkommen frei. Herschel hat, um künftigen Zeiten die Ver
gleichung des Glanzes, welchen uns einzelne Sterne in unser
Zeit darbieten, getreu aufzubehalten, für eine groſse Anzal
von Sternen die genauen Angaben, welchen andern Sternen s
gleich sind, welchen sie an Glanze ein wenig nachstehen, v
welchen sie an Glanz einen kleinen Vorzug haben, mitgethei
und man wird künftig selbst geringe Unterschiede des zune
menden oder abnehmenden Glanzes wahrnehmen können[1].

Aber noch merkwürdiger sind die bei manchen Stern
beobachteten periodischen Veränderungen, die darin beste
daſs ein Stern zuweilen einen hellern Glanz zeigt, dann schw
cher glänzend erscheint, wieder zu der vorigen Lichts
zurückkehrt und so beständig abwechselnd gesehen wird. Di
Lichtwechsel kehren bei einigen Sternen sehr regelmäſsig na
gleichen Zeiten wieder, bei andern ist die Periode ungleich, no
andere, die ehemals einen Lichtwechsel gezeigt haben, e
scheinen jetzt in unveränderlichem Lichte. Unter denen, d
eine sehr regelmäſsige Periode haben, ist *Algol* im Medus
haupte einer der merkwürdigsten. Er ist ein Stern zw
ter Gröſse und zeigt sich die meiste Zeit als ein solcher, a
allemal nach 2 Tagen 20 Stunden wird er auf kurze Zeit w
dunkler. Nach Wurm[2] dauert die Zeit seines kleinsten Lich
wo er Sternen vierter Gröſse gleicht, nur 18 Minuten, aber e
nige Stunden vorher und einige Stunden nachher bemerkt m
das Abnehmen und Zunehmen seines Lichtes, so daſs er et
8¼ Stunden lang dunkler als sonst erscheint. Wurm giebt
mit vieler Genauigkeit zutreffende Periode seines Lichtwech
zu 2 Tagen 20 Stunden 48′ 58″,7 an, und hat darnach Taf
berechnet, mit deren Hülfe man leicht die Zeit der klein
Lichtphase für jeden gegebenen Monat findet. Um zu zeigen, w
nahe diese vor 30 Jahren berechneten Tafeln noch immer
der Erscheinung übereinstimmen, habe ich einige neuere Beo
achtungen nach denselben berechnet. Luthmer[3] beobacht
1820 am 14ten Aug. 9 52′ mittl. Zeit und am 6ten Sept. 8

1 Ph. Tr. 1796. 166. 1797. 293. 1798. 121. und Astron. Jahrb
1809. 201. Aehnliche ältere Beobachtungen Astron. Jahrb. 1821.

2 Astron. Jahrb. 1801. 157.

3 Ebend. 1824. 243.

Zeit das kleinste Licht; diese Zeitpuncte sind in Pariser 2′ und 7^h 54′. Nach Wurm's Tafeln trifft das klein- nach Anfang d. J. 1800 1^T 18^h 3′ 46″, 8. Par. mittl. Z.

haben aufser ganzen
als ins folgende Jahr
Ueberrest 0 23 56 47,6
ul. lassen nach ganzen
einen in den August
Ueberrest 0 4 24 23,8,
astes Licht nach An- August } 2^T 22^h 24′ 58″,2
en sind = 11 11 15 54,8
14 9 40 53,0

e das kleinste Licht nach diesen Tafeln am 14. August bends seyn; aber Wurm selbst hat[1] die Epoche um n früher gesetzt, indem seine frühern Tafeln mehr das die Mitte des kleinsten Lichtes angaben, also giebt nung 9^h 36′, statt dafs die Beobachtung 9^h 32′ giebt, hier, da eine einzelne Beobachtung nicht auf eine Mi- au ist, vollkommen genügt. Die zweite Beobachtung age 22 St 32′ nach der ersten angestellt und 22 Tage 1′ 49″,6 sind gleich 8 Perioden. Rechnet man eben en Juli 1825, so findet man

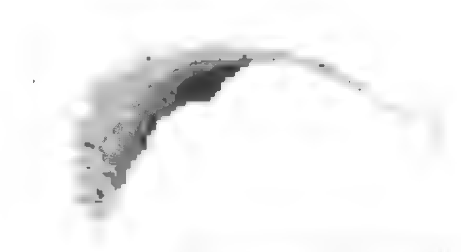
5 Jul. 18^h 14′ 23″,1 als Zeit des kleinsten Lichts
8 Tage 14 26 56,1 als 3 Perioden gleich,
m 14 Jul. 8 41 19,2 Pariser Zeit

des kleinsten Lichtes. Diese Zeit ist 9 Uhr 40′ Bres- it, und wirklich beobachtete ich, als ich gegen 11 Uhr meine Aufmerksamkeit auf *Algol* richtete, dafs er seinem n Lichte nahe war, aber wie sich bald zeigte, schon r kleinsten Lichtphase.

eser so auffallende Lichtwechsel ist doch erst von Pigott odrick 1782 bemerkt worden. Andere veränderliche sind früher entdeckt worden, z. B. von Fabricius 1596 änderliche am Halse des Wallfisches, 1600 ein verän- er Stern im Schwan, der oft ganz verschwindet[2]. 1670 ein zweiter veränderlicher Stern im Schwan entdeckt,

---

[1] Astron. Jahrb. 1810. 140.
[2] Montucla hist. II. 284. 285.



X im Schwan, der nur selten die vierte Gröſse erreicht. Ol-bers[1] hat diesen letzten Stern öfter beobachtet und bemerkt daſs nachdem er ihn 1815 mehrere Wochen vergeblich aufge-sucht hatte, er am 29. Aug. sichtbar ward, am 7. Oct. sein gröſs-tes Licht hatte und gegen Ende December's wieder eben so un-scheinbar, als bei Anfang seines Sichtbarwerdens, war. Sein Periode, die ungefähr 405 Tage ist, hat sich verlängert, so daſ sie jetzt über 407 Tage ausmacht, statt daſs sie am Ende de siebenzehnten Jahrhunderts noch nicht 405 Tage betrug. Ueber-haupt ist die Periode nicht ganz gleich, sondern zuweilen er-scheint der Stern etwas eher oder später, zuweilen erreicht e im gröſsten Glanze nur die siebente, selten dagegen auch vol die vierte Gröſse; 7 Monate ist er ganz unsichtbar, 6 Mona sichtbar. Olbers bemerkt es als etwas Auffallendes, daſs die-ser Stern und daſs mehrere veränderliche Sterne ein sehr roth Licht haben.

Noch in die Augen fallender als bei diesem Sterne ist Lichtwechsel des schon erwähnten Sterns im Wallfische, man den Wunderbaren, *Mira ceti*, genannt hat. Dieser St erreicht bei seiner gröſsten Lichtstärke gewöhnlich den Glanz Sterne dritter Gröſse, zuweilen nur der vierten, aber selte auch der zweiten und selbst der ersten Gröſse, Wargen hat ihn einmal dem *Aldebaran* gleich gesehen. Der S bleibt 3 bis 4 Monate dem bloſsen Auge sichtbar, und sein Z nehmen dauert kürzere Zeit, als sein Abnehmen; durch Fe röhre sieht man ihn viel länger, obgleich er auch da zuwei verschwindet. Wurm setzt nach sehr zahlreichen Beobacht gen die Periode zu 332 Tagen und etwa ¼ Stunden an, und stimmt die Zeit des gröſsten Lichtes, oder der Mitte des grö Lichts auf 15. Oct. 1820, wornach diese im Februar 1828 im Januar 1829 wieder eintreten wird. Die Periode ist genau immer gleich, sondern zuweilen einige Tage länger kürzer[2]. Die übrigen als veränderlich bekannten Sterne[3] ze sich im Wesentlichen diesen ähnlich.

Ueber die Ursache dieser Lichtwechsel hat man meh Hypothesen aufgestellt. Die bei mehreren Sternen so bestim

---

1 Astron. Zeitschr. von v. Lindenau etc. II. 181.

2 Ebend. I. 229.

3 Ebend. IV. 185. 316. VI. 282. Astron. Jahrb. 1814. 143.

Digitized by Google

lmäfsigkeit der Periode läfst wohl kaum zweifeln, dafs Axendrehung die Ursache dieser gänzlichen oder theilwei- erdunkelung ist. Selbst unsere Sonne hat ja Flecken, die h zu klein sind, um einen erheblichen Lichtwechsel zu be- n, und zu veränderlich, um in stets gleichen Perioden ie Erscheinungen darzubieten; aber es kann ja Sonnen ge- deren verschiedene Seiten auf immer gleiche Weise ein ungleiches Licht darbieten. Ein dadurch nicht zu erklä- r Umstand ist, dafs der Fortgang der Lichtabnahme und nnahme nicht dem gemäfs ist, was wir von einer, nach nach gegen uns gewandten dunkeln Seite erwarten sollten, zum Beispiel bei *Algol* die Lichtabnahme ganz nahe vor kleinsten Lichte so sehr merklich, kurz nachher die Zu- ie so bedeutend ist, aber während des bei weitem gröfsern ls der Periode der Glanz ziemlich gleich bleibt. Dieses sich besser erklären, wenn wir einen sehr grofsen dunklen er annähmen, der bei seinen Umläufen um den hellen Stern bei den Umläufen des hellen Sternes um ihn) eine förm- Sonnenfinsternifs hervorbrächte; aber diese Erklärung würde nicht auf die Sterne passen, die so sehr lange ganz ver- elt sind, indem doch nicht gut anzunehmen ist, dafs diese eckung den gröfsern Theil der Periode ausfüllte. Die Un- heiten in der Periode und in den äufsersten Graden der stärke würden sich nach der ersten Hypothese aus Aen- gen auf der Oberfläche des Sterns, nach der zweiten Hy- se aus Ungleichheiten in dem Laufe des verdunkelnden ns erklären lassen.

Neue Sterne.

Mit diesem Lichtwechsel der Sterne ist vielleicht das Er- en neuer Sterne verwandt. Hätte ein veränderlicher Stern sehr lange Periode und wäre die Zeit seines Glanzes nur ine kurze Zeit beschränkt, so würde er dem Zeitalter, wo 1 einmal zeigte, als ein neuer Stern erscheinen, und die den Beobachter würden ihn viele Jahre lang vergeblich hen. Indefs haben die Sterne, welche man als neue Sterne chtet hat, so viel Auffallendes gezeigt, dafs man sie wohl ganz mit den bekannten veränderlichen Sternen in eine e stellen darf. Der glänzendste von allen war der von 10 beobachtete. Aller Wahrscheinlichkeit nach mufs er

Digitized by Google

sehr schnell zu dem hellen Glanze, den er zeigte, gelangt denn Möstlin hatte im October und noch am 2. Nov. 157 Cassiopeja beobachtet, ohne etwas Merkwürdiges wahrzu men, und schon am 7. Nov. erschien der neue Stern dem ter an Glanze gleich oder gröſser; am 11. Nov. sah Tych der Venus gleich, und so blieb er einige Wochen. Aber sehr kurzer Dauer nahm seine Helligkeit ab, im December er noch dem Jupiter, im Januar 1573 übertraf er noch die S erster Gröſse, im Februar und März glich er Sternen erster und nahm nun so ab, daſs er im September Sternen v Gröſse gleich war und im März 1574 verschwand. An war er glänzend weiſs, dann roth wie Aldebaran oder nachher wieder matter weiſs [1].

Einen nicht ganz so glänzenden neuen Stern beob Kepler 1604 am Fuſs des Schlangenträgers, der auch na unsichtbar ward [2]. Auch in ältern Zeiten hat man solche S beobachtet [3], die nachher unsichtbar geworden sind. Wi diese ungemeine Veränderung ihres Glanzes erklären soll, sich gar nicht angeben; von Zach bemerkt, sie gäben un nigstens die wichtige Belehrung, daſs es im Weltraume k gebe, die uns gar nicht oder Jahrhunderte lang nicht bar sind. —

Namen der Sterne.

Das hierher gehörige wird unter dem Art. *Sternbilder* kommen. Ueber die Bedeutung der arabischen Namen der S haben Ideler, Lach und Buttmann (auch Montucla an gen Stellen seiner Geschichte der Mathematik) Untersuch angestellt [4]. B

Fixsternverzeichnisse.

Catalogi fixarum; Catalogues des étoiles fixes; *talogues of the stars*; sind Verzeichnisse, worin die

---

1 Tychonis Brahe Progymnasmata Astron. Lib. I. de Zach astr. V. 182.

2 Kepler de stella nova in pede serpentarii.

3 de Zach corr. astr. IV. 585. Astr. Jahrb. 1819. 202.

4 Ideler Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutu Sternnamen. Berlin 1809. 8. Lach Anleitung zur Kenntniſs der arab Sternnamen. Leipzig 1796. Astr. Jahrb. 1822. 91. Astr. Zeitschr.

ıen Sterne nach ihrer Stellung am Himmel, nach ihrer Recta-ısion und Declination, angemerkt sind. Sie sind entweder ı den Sternbildern geordnet, wo dann diejenigen, die zu- durch den Meridian gehen, voran stehen, oder sie sind : allgemein nach der Rectascension geordnet, so dafs man alle Declinationen die Sterne, welche kurz nach einander :h den Meridian gehen, zusammenfindet. Alle Sternver-hnisse hier anzuführen, scheint mir nicht dem Zwecke die-Wörterbuchs gemäfs; ich theile daher nur Einiges zur Ge-:chte dieser Verzeichnisse, und dann die Titel der für uns ıerkenswerthesten mit.

Hipparchus hat zuerst 150 Jahr vor Christo, nachdem Ti-:hares und Aristyllus schon Beobachtungen dazu gesam-lt hatten, ein Verzeichnifs beobachteter Sterne verfertigt, und olemaeus hat darnach und nach eignen Beobachtungen das rnverzeichnifs verfertigt, welches wir noch jetzt besitzen [1]. bategnius reducirte dieses Verzeichnifs auf seine Zeit (880 h Christo), und Ulugh-Beigh verfertigte eines aus eignen obachtungen [2]. Tycho de Brahe führte die bessere Me-ode, die Sterne nach Rectascension und Declination aufzufüh-ein, statt dafs man sie früher nach Länge und Breite angab [3]. Auch der Landgraf Wilhelm verfertigte mit Rothmann ı Byrge ein solches Verzeichnifs aus eigenen Beobachtun-ı [4]. Halley und La Caille haben uns zuerst genauere Ver-:hnisse der Gestirne um den Südpol gegeben [5]. Hevel gab früheren Verzeichnisse mit eigenen Beobachtungen vermehrt aus [6], Flamstead lieferte nach 33jährigen Beobachtungen en viel vollkommnern Katalog als seine Vorgänger, der 3000

1 Μεγάλη Σύνταξις. VII. 2.

2 Tabulae long. et lat. stellarum fixarum ex observ. Ulughbeighi. ı. 1665.

3 Catalogus fixarum ad annum 1600, in den Astronomiae instau-e Progymnasm. Frf. 1602. Kepler nahm dieses Verzeichnifs, mit an-: Beobachtungen Tycho's und einige Beobachtungen der Sterne um den pol vermehrt, in die Rudolphinischen Tafeln auf.

4 Observ. Hassiacae. Lugd. Bat. 1618.

5 Halleji catalogus stellarum australium. Lond. 1679. und von La le astronomiae fundamenta novissima solis et stellarum observatio-ıs stabilita. Paris. 1757.

6 Prodromus Astronomiae. Gedani. 1690. und Firmamentum So-cianum. Ged. 1690.

Digitized by Google

Sterne enthält [1], und BRADLEY's Beobachtungen vermel nicht blofs durch ihre Anzahl, sondern auch durch ihre trefflichkeit in hohem Grade unsere Kenntnifs des Sternen mels [2]. TOBIAS MAYER beobachtete vorzüglich Sterne, di Ekliptik nahe stehen, und verfertigte daraus einen, erst seinem Tode bekannt gemachten Katalog von 998 Zodiakal nen [3]. Unter den neuern Beobachtern haben vorzüglich MA LYNE [4], LALANDE [5], PIAZZI [6], von ZACH [7], BESSEL [8], Po

---

1 Halley gab ihn zuerst 1712 heraus und 1725 erschien die Auflage: Historia coelestis Britannica. 3 Vol.

2 Astronomical Observations, made at Greenwich by Bradley. 1798. 2 Vol. Welchen Werth diese Beobachtungen besitzen, hat sel gezeigt in seinem vortrefflichen Werke: Fundamenta astron pro anno 1755, deducta ex obs. viri incomparabilis Bradley. R monti. 1818.

3 Catalogus fixarum zodiacalium in Tob. Mayeri opp. inedit. Dieselben auf das Jahr 1800 reducirt in Astr. Jahrb. 1790. 113.

4 Maskelyne's astronomical observations made at Greenwich. vgl. Astr. Jahrb. 1803. 246. Maskelyne's Tables for computing the parent Places of the fixet Stars. 1774.

5 Histoire céleste françoise, contenant les observations, par plusieurs astronomes françois publiées par Lalande. An. IX. Für die Reduction der hier angegebenen Sterne besitzen wir me Arbeiten, SCHUMACHER's Sammlung von Hülfstafeln. 2tes Heft. Co 1825. Ferner in DE ZACH Corr. astron. VII. 340. Ferner in Sch cher's astr. Nachr. I. 22. 273.

6 Praecipuarum stellarum inerrantium positiones mediae, ine seculo 19, ex obs. habitis in specula Panormitana. Panormi 1803, neue Ausgabe 1814. Verzeichnifs der geraden Aufsteigung und Ab chung von 5505 Sternen nach Piazzi's Beobachtungen und von 37 vornehmsten Nebelflecke und Sternhaufen, zusammengetragen von Berlin 1805. WESTPHAL's Astrognosie, mit einem Auszuge aus Pia zweitem Katalog. Berlin 1822.

7 De Zach tabulae motuum solis etc., quibus accedit fixarum p cipuarum catalogus novus. Gothae 1792 neue Ausgabe 1804. De Tabulae speciales aberrationum et nutationum ad supputandas stell fixarum positiones, cum 494 stellarum inerrantium catalogo novo. thae 1807. De Zach nouvelles Tables d'Aberration et de nutation 1404 étoiles. Marseille 1812.

8 Bessel's astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte in nigsberg. 9 Abtheilungen von 1813 bis 1823.

9 Pond's astronomical observations. London. (1814 bis 1821 3 Theilen.

Digitized by Google

Littrow [2] sich um diese Bestimmungen verdient

denen, welche aus fremden Beobachtungen mit un- Fleiſs zusammengetragen haben, verdient vor allen ihnt zu werden, der nicht allein dieses gethan, son- ich die fremden Beobachtungen geprüft und mit zahl- gnen Beobachtungen die schon vorhandenen Verzeich- chert und berichtigt hat [4].

dürfen hoffen, daſs die Reichhaltigkeit der Sternkata- ırzem noch sehr gewinnen wird, da die Berliner Aka- Mitwirkung aller Astronomen zu einer Revision des mmels aufgefordert hat, um besonders die Ungleich- zu heben, die bisher noch in unsern Verzeichnissen war, da einzelne Gegenden genauer durchforscht wa- end in andern selbst minder kleine Sterne in den Ver- n fehlten [5].

besondre Erwähnung verdienen hier noch die Bemü- ır die genaue Bestimmung einiger Fundamentalsterne, ren völlig sichere Kenntniſs man Anknüpfepuncte für rn Beobachtungen erhält. Maskelyne hat ein Ver- von 36 solchen genau bestimmten Fundamentalsternen t [6], auf deren sorgfältige Beobachtung und immer Berichtigung Bessel vorzüglich groſsen Fleiſs gewandt

---

uve observationes astronomicae Dorpati institutae. 4 Vol. 1823.)

nalen der Wiener Sternwarte. 3 Abtheilungen.

ch die Observations astronomiques publiées par le bureau de , gehören hierher, und mehrere andere, die minder wichtig Zweck sind.

lgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne, nebst iſs der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Ster- pelsternen, Nebelflecken und Sternhaufen, von Bode. Berlin Vorstellung der Gestirne auf 34 Kupfertafeln, nebst einem isse von 5877 Sternen, Nebelflecken und Sternhaufen, von Aufl. Berlin 1805. Nachträge und Berichtigungen dazu an Stellen in den astronomischen Jahrbüchern.

uch die Astron. Societät in London macht sich um diesen Ge- durch Herausgabe eines neuen Katalogs verdient.

aut. Alm. 1820. Astr. Jahrb. 1821. 208. Bemerkungen von Pond möglichst strenge Berichtigung der Sternkataloge Phil. Transact. i.

hat [1]. Auch Pond und Brinkley haben sich mit diesen Beoba tungen ernstlich beschäftigt [2]. Von den Sterncharten wird eigner Artikel Nachricht geben. *B.*

Flächenkraft.

Flächenanziehung und Flächenabstofsun Attraction et Repulsion de surface.

Der Ausdruck: *Flächenkraft*, noch mehr *Flächenan hung*, seltener *Flächenabstofsung* kommt sehr oft bei deuts Schriftstellern vor, und die Ausländer reden häufig von der che, wenn sie dieselbe auch nicht durch ein bestimmtes W bezeichnen. Ohne nähere Andeutung ist dann die Fläch ziehung so viel als *Anziehung in unmittelbarer Berührung* in unmefsbare Ferne, und äufsert sich in den Erscheinungen *Adhäsion* und *Cohäsion* [3]. Man könnte hierdurch zu der V muthung verleitet werden, als ob der Ausdruck von der Fläch ausdehnung entlehnt sey, in welcher die Berührung beider einander anziehender Körper stattfindet, allein dieses würde der Schärfe der eigentlichen Begriffsbestimmung entfernen. nau genommen beruht die Sache vielmehr auf Folgendem, hauptsächlich aus der Darstellung von Fries [4] am deutlich und vollständigsten zu ersehen ist.

Die bekannte Newton'sche Anziehung ist den Massen einander anziehenden Körper direct proportional, wird d durch die Quantität der wirksamen Masse bedingt, und kann im Mittelpuncte der Körper vereinigt angesehen werden. Erfahrung ergiebt, dafs diese Kraft in jede mefsbare Ferne w und den Quadraten des Abstandes proportional abnimmt. K men daher zwei Körper (es mögen dieses Kugeln seyn) ein nahe, so wird ihre Anziehung wachsen, und in der Berü ihr Maximum erreicht haben; allein die wirksame Kraft geht ihnen stets vom Mittelpuncte aus oder kann mindestens als vereinigt gedacht werden, und man könnte sie daher auch A

1 Beobachtungen 5te Abth. S. V. und XI. und 7te Abth. S. X und astr. Jahrb. 1828. 196.

2 Astr. Nachrichten I. 101. Astr. Jahrbuch 1828. S. 198.

3 S. unter andern Parrot Grundrifs der theor. Phys. I. 44. E tiens sur la Physique I. 93 ff.

4 Mathemat. Naturphilosophie S. 450 ff.

Digitized by Google

Körperkraft nennen. Insofern aber die anziehende Mittelpuncte ausgehend oder dort vereinigt angenom- und den Massen proportional ist, kann nicht gesagt afs sie sich aufserdem noch in den berührenden Flä- ders äufsere.

ner Menge von Erscheinungen dagegen, namentlich on und Capillarität, haben die Massen durchaus kei- s, vielmehr ist die wirkende Kraft blofs in einer un- ünnen Fläche vorhanden [1], und sie wird daher mit *henkraft* genannt. Wenn man also genöthigt ist, in unzweifelhafter Thatsachen eine solche Flächenkraft n, so darf man auf allen Fall, in nächster Beziehung fsen Phänomene, sich dieses Ausdruckes zur Bezeich- Erscheinung und der sie unmittelbar bewirkenden Ur- ienen; bei genauerer Erörterung des Gegenstandes ber zwei wesentliche Fragen in Betrachtung, nämlich die sich auf die angegebene Weise äufsernde Kraft der g eine für sich bestehende und von der Massenanzie- t wesentlich verschiedene sey, und *zweitens* ob es 1 neben dieser auch noch eine ihr entgegengesetzte ab- gebe, so dafs also dadurch der Ausdruck: *Flächen-* echtfertigt wäre.

sichtlich auf die erstere Frage scheint unter andern lich Fries anzunehmen, die Existenz der Flächen- ne durch Hülfe der Geometrie erwiesen werden, allein etrie kann blofs nachweisen, dafs die Annahme sol- te keinen Widerspruch in sich schliefse, und bei vor- er Möglichkeit die Art und Weise ihrer Wirkungen ren; die wirkliche Existenz aber kann auf diesem cht bewiesen werden, sondern mufs einzig und allein Erfahrung gegeben seyn. Auf gleiche Weise kann die tik die Bewegungsgesetze eines durch hypothetische er verschiedensten Art in einem absolut leeren Raume 1 Körpers demonstriren, auch schulgerecht nachweisen, gewisses widerstehendes Mittel stets dünner werden und ganz schwinden könne; allein ob es solche Bewegungs- und einen absolut leeren Raum wirklich gebe, ist damit

1 ergl. *Capillarität*. II. 39.

noch keineswegs dargethan. So hat L. Euler[1] das Mariotte's Gesetz aus dem von ihm angenommenen Aether und de Wirbeln in den hypothetischen hohlen Luftkügelchen geo trisch vortrefflich demonstrirt, aber niemand wird deswegen neigt seyn, solche Wirbel und Kügelchen wirklich anzun men. Die Vertheidiger der Existenz von Flächenkräften haupten indefs, es seyen dieselben durch die Erfahrung gege indem die Erscheinungen der Cohäsion, Adhäsion und Capi rität nur aus ihnen erklärt werden könnten, insofern bei ih die Massen gar nicht, sondern nur die Flächen sich als th ergäben, und La Place sagt selbst, die Kraft, welche die scheinungen der Capillarität erzeuge, liege in der un dünnen Oberfläche der Körper. Dieser Beweis würde volle tigkeit haben, wenn eine geometrische Fläche noch ein Ge stand physischer Messung wäre; allein da die Theilchen der terie erweislich viel kleiner sind, als unsere Messung reicht bleibt es immer fraglich, ob die eigentliche geometrische O fläche der Körper, und nicht vielmehr eine physische Flä oder ein in einer unmefsbar dünnen Ebene liegendes Aggregat Körperelementen jene Erscheinungen hervorrufe. Wenn aber weiter argumentirt wird, dafs die Phänomene selbst anderes seyen, als das Resultat einer Anziehung in un Fernen, statt dafs die Anziehung der Massen dem Quadra Entfernung umgekehrt proportional sey, und dafs jene daher dem besonderen Namen der Anziehung in der Berührung ihr zum Grunde liegende Kraft aber Flächenkraft zu bene sey, so läuft die Entscheidung hierüber auf die schon wie holt erörterte Frage hinaus, ob alle Anziehungsphänomene eine einzige wirkende Kraft zurückgeführt werden können nicht[2]. Wenn gleich hierüber noch nicht mit völliger Ge heit entschieden ist, so läfst sich doch so viel als ausge annehmen, dafs die Erscheinungen der Anziehung in der F von denen der Anziehung in der Berührung erweislich vers den sind, und dafs man auf allen Fall annehmen müsse, einzige Kraft werde durch die individuelle Beschaffenheit de den einzelnen Körpern verschiedenen Elementartheilchen bes ders *modificirt*, damit sie beide Wirkungen hervorbringen k

1 Com. Pet. II. 347.

2 Vergl. *Anziehung*.

en, so daſs hiernach also der Annahme einer auf eigenthümliche Veise sich äuſsernden *Flächenanziehung* und einer hiernach zu nennenden *Flächenkraft* kein bedeutendes Argument entgenstehen kann.

In Beziehung auf die zweite Frage, nämlich ob es auſser r Anziehung in der Berührung auch noch eine ihr entgegenhende *Abstoſsung* in geringe Fernen giebt, mithin zwei Flächenkräfte anzunehmen sind, ist zuerst zu bemerken, daſs verhiedene Schriftsteller nur von *einer* Flächenkraft als Ursache r Cohäsions- und Adhäsions-Phänomene reden, andere dagen, z. B. Kastner [1], Fries [2] halten die Annahme von *zwei* ander entgegengesetzten Flächenkräften für richtiger. Der und, worauf diese Behauptung gestützt wird, ist theils speculiv, insofern einer anziehenden Flächenkraft auch eine abstoende in Gemäſsheit eines nothwendigen Gegensatzes entgegenhen müsse; theils aus der Erfahrung entlehnt, indem beaptet wird, daſs die namentlich bei gasförmigen Körpern stattdende Repulsion auf gleiche Weise in der Berührung und in meſsbare Entfernung wirke, als die Attraction, welche die Erheinungen der Adhäsion und Cohäsion erzeuge, folglich auch gleichem Rechte auf eine Flächenkraft zurückzuführen sey, diese aus einer solchen hergeleitet werde. Was das erste Arment betrifft, so ist dieses ganz unhaltbar, denn die Anzieg in die Ferne ist wohl über allen Zweifel hinaus fest bedet, allein es ist deswegen noch niemanden in den Sinn mmen, die Nothwendigkeit einer ihr entgegenstehenden Abung demonstriren zu wollen; das zweite Argument aber bet auf der Erklärung derjenigen Phänomene, welche die gasigen Körper uns darbieten, und auf der Bestimmung der chen, welche den verschiedenen Aggregatzustand der Körbedingen, je nachdem sie entweder fest oder tropfbar oder isch flüssig erscheinen, und wird daher am besten in den teln *Flüssigkeit* und *Gas* näher untersucht werden. *M.*

Flamme; S. Verbrennen.

---

[1] Grundriſs der Experimentalphysik. 2te Aufl. Heidelb. 1820. I. 76.

[2] Lehrbuch der Naturlehre. Jena 1826. I. 7. Dessen mathemati- Naturphilosophie. Heid. 1822. S. 454 ff.

Digitized by Google

Flasche.

Geladene Flasche, Kleistische Flasch Leidner Flasche, Ladungsflasche, Ve stärkungsflasche; *Phiala Leidensis*, *Phiala el ctrica*, *Lagena armata*; Bouteille de Leide, Bo teille électrique; *Phial of Leide*.

Wenn man einen dünnen sogenannten idioelektrisch d. h. nicht leitenden, Körper in solche Umstände versetzt, d auf den beiden einander gegenüberstehenden Seitenfläche der einen Seite sich positive, auf der entgegengesetzten tive E. (welcher Ausdruck der dualistischen Vorstellungs die Sprache jeder andern Theorie sich nach dem, was dem Artikel: *Elektricität* vorgetragen worden ist, leicht übersetz läſst) befindet, so heiſst der Körper in diesem Zustande gela Man wählt hierzu gewöhnlich gläserne Flaschen, deren inn Wänden die eine, den äuſseren die andere E. zugeführt w woraus sich der Begriff der geladenen Flasche und der L derselben als desjenigen Vorganges, durch welchen diese häufung entgegengesetzter E. an zwei solchen einander ge überstehenden Flächen zu Stande kommt, von selbst e Man kann aber statt der Flaschen eben sowohl Platten, eine Tafel von gemeinem Fensterglase, von Holz oder Sieg wählen, welche alsdann geladene elektrische Platten heiſsen man kann selbst flüssige Nichtleiter wie Oel, und selbst Luftschicht auf diese Art laden. Sobald die E. beider S welche durch die Zwischenlage des nicht leitenden Körpers trennt waren, durch irgend ein Mittel vereinigt, oder so zusammengebracht werden, daſs sie das zwischenliegende tel durchbrechen können, so gehen sie in einander mit starken Explosion über, oder (um einen zu jeder Theorie senden Ausdruck zu gebrauchen) gleichen sich mit einander ter einer solchen Explosion aus. Diese heiſst der *elektr Schlag*, die *elektrische Erschütterung*, und der ihn bewir Vorgang die *Entladung*, das *Losschlagen*, so wie der Ve in seiner Totalität der *Kleist'sche* oder *Leidner Versuch* (*e rimentum Leidense*, expérience de Leide), und d

---

1 S. *Quadrat, elektrisches*.

Digitized by Google

ler dabei vorkommenden Erscheinungen die *verstärkte* *tät* genannt wird.

soll in diesem Artikel zuerst von der Zubereitung und chiedenen Arten der Leidner Flaschen, dann von ihrer Entladung und den dabei vorkommenden Erscheinunndelt, hierauf die Geschichte des Leidner Versuchs ere Erklärung der Erscheinungen nach den verschiedenen n gegeben, und der Beschluſs mit der Erörterung einier Leidner Flasche angestellten Versuche, auf welche vorzüglich zur Unterstützung der Theorie einer einzilaterie berufen hat, gemacht werden.

reitung und verschiedene Einrichtungen der Leidner Flasche.

tauglichste Nichtleiter zu den Ladungsversuchen ist unlas Glas. Diejenigen Sorten Glas werden den Vorzug n, welche die besten Nichtleiter sind, also das härtere dem weicheren, doch kommt es hierbei auf eine strenge l nicht an, da auch das weichste Glas durch seine Masse ı wenigstens ein vollkommener Nichtleiter ist, und der ng der E. an seiner Oberfläche durch gewisse demnächst ende Mittel abgeholfen werden kann. Doch sagt CA-, daſs eine Sorte Glas, die demjenigen gleich kommt, chem die Florentiner Bouteillen gemacht werden, wegen ınverglaster Theile in ihrer Substanz nicht die geringste aushalten. WILKE bemerkt, daſs weiſses Glas bei gleicher nd sonst gleichen Umständen sich nicht so stark laden ls grünes [2], und CUTHBERTSON [3] fand, daſs verschiedene es weiſsen und noch viel mehr des grünen Glases bei Dicke und Gröſse der Belegung ganz verschiedener von E. bedürfen, um gleich stark geladen zu werden. ke des Glases kommt hierbei sehr in Betrachtung; ein Glas kann bei gleicher Oberfläche leichter und stärker werden, als ein dickes, es ist aber auch der Gefahr usgesetzt, durch die Gewalt, womit sich die E. beider

I. 138.
Schwed. Abh. XX. 245.
Gilb. An. III. S. 27.

Seiten mit einander zu verbinden streben, bei allzustarker I dung durchbrochen zu werden. Man kann daher die sehr dü nen Flaschen oder Platten zwar einzeln gebrauchen, wenn n aber mehrere mit einander verbinden will [1], so muſs man st keres und wohl abgekühltes Glas dazu nehmen. Nach Bo NENBERGER [2] sollte man die Glasesdicke der Ladungsflas nach der Stärke der Maschinen einrichten. Starke Maschir laden dicke Gläser auf einen hohen Grad, den die dünnen nicht aushalten. Durch schwache Maschinen kann man in di Gläser gar keine merkliche Ladung bringen. Diese Verhältni werden sich weiter unten aus dem Vorgange der Ladung sel leicht erklären lassen, und es ist ein bloſses Miſsverständ wenn daraus gefolgert worden, daſs dickeres Glas überha eine stärkere Ladung annehme, als dünneres Glas, ein Irrthu in welchen BOHNENBERGER selbst gefallen war [3].

Der Glimmer hat darin vor dem Glase den Vorzug, daſs auch in den dünnsten Blättchen selbst bei der stärksten Ladu dem Durchbruche der E. widersteht, auch gewährt er eben w gen der Dünnheit, in der man ihn anwenden kann und da abhängigen groſsen Capacität den Vortheil, in einem sehr kl nen Raume eine Batterie von groſser Wirksamkeit aufstellen können, wie denn NICHOLSON [4] eine solche Batterie von Glimmerblättchen ausgeführt hat, die zusammen nur eine Di von 3 Linien hatten, bei denen die Belegung des einzeln Glimmerblättchens nur 2 Quadratzoll betrug und welche denn das Aequivalent von 7 Quadratfuſs Belegung von Fenster waren; indeſs ist der Glimmer in unversehrten Platten nicht leicht zu erhalten und zum gewöhnlichen Gebrauche zu kostl Für Batterieen nimmt man gewöhnlich groſse cylindrische o sogenannte Zuckergläser, die auf Glashütten bis zu einer H von zwei Fuſs und selbst darüber, und von einer Weite v 8 bis 12 Zoll verfertigt werden, und entweder gleichweit o oberwärts etwas verengt sind. Man kann sich indeſs solc Flaschen auch einzeln von verschiedener Gröſse und Weite l

1 S. *Batterie, elektrische.*

2 S. dessen Beiträge zur theor. u. prakt. Elektricitätslehre. Stück. Stuttg. 1793.

3 S. dessen 5te Fortsetzung von Elektrisirmaschinen und el. V suchen S. 241.

4 Gilb. Ann. XXIII. 272.

Für kleinere Versuche sind die gewöhnlichen Arznei-
auchbar.
il das Glas, so wie alle Nichtleiter, die mitgetheilte E.
chst an der berührten Stelle annimmt, und erstere von
elnen Puncten aus, an welchen sie dem Glase mitge-
rd, sich nur mit Mühe über dessen Oberfläche ver-
o mufs man die beiden Flächen mit einem recht guten
B. Zinnfolie, Gold- oder Silberblättchen, Gold- oder
ier, Messing- oder Eisenfeilspähne u. d. g. überziehen,
lie Belegung derselben genannt wird. Deswegen heifst
ıgsflasche oft auch die *belegte* oder *armirte* Flasche.
rschafft den Vortheil, dafs die mitgetheilte E., wenn
nur auf eine einzelne Stelle geleitet wird, sich den-
eich über die ganze belegte Fläche ausbreitet, und bei
dung eben so auf einmal herausgeht. Bei einer sol-
che mufs auch der Boden CD von aufsen und innen Fig. 53.
yn. Die Belegung mit dünner Zinnfolie (sogenanntem
ist unstreitig die beste und läfst sich, wenn die Flasche
ındrisch oder im Obertheile nur wenig verengert ist, so-
ıwärts als auch einwärts vermittelst Gummiwassers oder
chen Kleisters leicht anbringen, welchen letzteren man
dünn aufträgt, so dafs nirgend Klümpchen oder Luft-
ırückbleiben. Sogenanntes Silberpapier kann auch sehr
stelle der Zinnfolie vertreten und nach der Erfahrung
ı Brook würde es sogar den Vorzug verdienen, da
unden haben will, dafs Flaschen vor dem Zerbrechen
ıen durch das Glas durchschlagenden Funken am besten
werden können, wenn man die Zinnfolie nicht un-
auf das Glas leime, sondern erst mit gewöhnlichem
ıpiere und darauf mit der Zinnfolie die Flasche belege.
schen oder Glastafeln durch eine weit geringere La-
leich nachdem sie belegt und also ehe sie trocken ge-
sind, zersprengt werden, als wenn sie schon lange ge-
anden haben, so dafs die Flüssigkeit aus dem Gummi
ister, womit die Zinnfolie aufgetragen wird, hat ver-
können, und dafs man eben deswegen die Flaschen
ich nach ihrer Belegung anwenden dürfe, wie Brook[1]
ı haben will, habe ich nicht bestätigt gefunden, doch

ı. I. 276.

habe ich diese Versuche vergleichungsweise nur bei Flaschen von dickem Glase angestellt.

Hat die Flasche, wie namentlich die Medicingläser, einen dünnen Hals, so läfst sich dieselbe auf der inneren Fläche nicht so wie aufsen mit Stanniol belegen. In diesem Falle füllt man kleine Flaschen, so weit die Belegung gehen soll, mit Eisen- oder Messingspähnen, auch mit Schrot oder einer gesättigten Auflösung von Kochsalz an, in gröfseren aber, die dadurch etwas zu schwer würden, giefst man etwas Gummiwasser, schüttelt ein wenig Messingspähne hinein, und schwenkt die Flasche, bis sich die Spähne dicht an die inneren Wände angelegt haben, wo sie durch das Gummiwasser ankleben. Die innere Seite solcher enghalsigen Flaschen mit einem Kitte aus Pech, Harz und Wachs, welcher mit einer grofsen Menge von Messingfeilicht versetzt ist, zu belegen, den man in Stücken hineinbringt, und durch Schmelzen, so weit man will, auf der inneren Fläche verbreitet, ist darum nicht rathsam, weil nach Brook das Glas dann schon durch eine schwache Ladung zersprengt wird. Einer Beobachtung zufolge sollen Flaschen von grünem Glase, welche 2 Kannen fafsten, inwendig mit Eisenfeilspähnen belegt, und mit Wasser noch etwas über diese hinaus angefüllt, und von aufsen mit unächten Silberblättchen belegt waren, eine besonders starke Ladung annehmen[1].

Die Belegungen beider Seiten des elektrischen Körpers dürfen einander am Rande nicht nahe kommen, sondern müssen durch einen unbelegten Raum des Glases von hinlänglicher Weite von einander abstehen, weil sich sonst die entgegengesetzten E. schon im ersten Anfange der Ladung über den Rand hinweg mit einander vereinigen würden, und die Ladung nicht zu einem merklichen Grade getrieben werden könnte. Die Ausdehnung des unbelegten Theiles, welcher bei der Flasche Fig. 58. den Raum zwischen EF und GH sowohl aufsen als innen einnimmt, mufs sich überhaupt nach der Glasesdicke der Flasche, der Gröfse der Batterie, zu welcher solche Flaschen genommen werden, und der Stärke der Elektrisirmaschine richten. Ist die Maschine von der Beschaffenheit, dafs man, wenn sie eine Batterie von 10 bis 12 Quadratfufs Belegung vollständig laden soll, nur Flaschen von der Dicke der gewöhnlichen Zuckergläser

---

1 G. XXIV. 330.

en kann, so ist es genug, wenn man den unbelegten Rand zwei Zoll hoch macht, denn dergleichen Gläser sind immer on stark genug geladen, wenn es so weit gekommen ist, daſs : Selbstentladung erfolgen kann, und dieses wird dem Experimentator minder unangenehm seyn, als wenn bei gröſserer dehnung des unbelegten Randes eine Flasche zersprengt de. Hat hingegen die Maschine eine gröſsere Stärke, so man 20 bis 30 Quadratschuh Belegung, wo die Gläser zu cher Zeit dicken als gewöhnlich sind, damit zu laden im ıde ist, so darf man den unbelegten Rand des Glases nicht r drei Zolle seyn lassen. Besitzt endlich die Maschine so Wirksamkeit, daſs sie 50 und mehrere Flaschen, deren Glalicke 2 Linien beträgt, vollständig laden kann, so muſs der elegte Rand nicht unter 4″ hoch seyn, weil sonst eine bstentladung erfolgt, ehe die Batterie das Maximum ihrer lung erreicht hat. Es ist sehr rathsam, den unbelegten Raum BHF durch einen Ueberzug von Siegellack gegen die Feuchteit zu schützen, auch giebt dieser Ueberzug den Flaschen, wie der ganzen el. Geräthschaft ein sehr nettes, reinliches sehen. Das Siegellack wird hierzu im Mörser zerstoſsen, hst rectificirter Weingeist aufgegossen und der daraus entdene Brei mit dem Pinsel auf das Glas getragen, das man her erwärmt hat. Auch ist Bernsteinfirniſs zu diesem Zwecke r tauglich. Brook[1] wollte beobachtet haben, daſs sich diee Flasche viel stärker laden lasse, und die Selbstentladung später eintrete, wenn der unbelegte Rand statt recht trocken rein zu seyn, vielmehr etwas beschmutzt sey, und zwar immt er den Grad und die Art dieser Beschmutzung dahin, man etwas flüssiges Oel oder irgend eine andere nicht leie, an dem Glase dünne anhängende Substanz z. B. die unsliche Ausdünstung der durch Bewegung erhitzten Hand, auch einigermaſsen öligter Natur ist) über die Oberfläche unbelegten Glases reibt, wovon sich der Nutzen besonders ı zeigen werde, wenn der el. Apparat sich in einem warund trockenen Zimmer befinde, aber viel weniger in einer n Stube, wo weder eingeheizt wird, noch die Sonne hinscheint. Dieser Einfluſs eines Ueberzuges mit einer solchen nden (öligten) Substanz auf Verstärkung der Ladung läſst

1 a. a. O. S. 82.

sich allerdings begreifen, da trockenes, vorzüglich aber erwärmtes Glas der E. an seiner Oberfläche keinen so grofsen Widerstand leistet und eine Selbstentladung längs derselben daher früher erfolgen kann, als bei jenem Ueberzuge.

Dagegen ist die Beobachtung CUTHBERTSON's, dafs die Ladung sehr verstärkt werden könne, wenn der unbelegte Rand mit einem feinen Ueberzuge von Dunst und Staub bedeckt sey, dem ersten Anscheine nach mit den bewährten elektrischen Gesetzen weniger in Uebereinstimmung zu bringen. CUTHBERTSON bemerkt nämlich[1], er habe gefunden, dafs die Flaschen allezeit eine stärkere Ladung ertrugen, wenn er sie nicht abtrocknete und abrieb. Bei feuchter Witterung sey die Ladung stärker gewesen, als bei trockener, und bei sehr trockener Witterung, wo sich die Flaschen nicht stark laden liefsen, habe er die Ladung immer höher treiben können, wenn er in die Flaschen hineingeathmet habe. Doch führt er weiter hin[2] an, dafs nur ein bestimmter mäfsiger Grad von Feuchtigkeit diesen Dienst leiste, und bei zu vieler derselbe wieder verloren gehe, wie dann eben darum in Holland, vorzüglich im Winter, wo überflüssige Feuchtigkeit in der Luft sey und die Maschinen nicht sehr stark wirken, es unmöglich sey eine Batterie von einer ansehnlicher Gröfse zu laden. Der Uebersetzer, welcher stets die Flaschen mit überfirnifstem Rande besser laden konnte, als diejenigen, deren Rand mit Feuchtigkeit beschlagen war, meint, das Anhauchen unter den oben angegebenen Umständen habe nicht sowohl durch die Schicht Feuchtigkeit, die dadurch an das Glas gebracht sey, sondern durch das Anhängen der Staubtheilchen, die sich in jedem Zimmer befinden, und das dadurch vermittelt worden, jenen Dienst geleistet, während die dünne Schicht Feuchtigkeit sich durch die Verdunstung bei trockener Witterung wieder verloren habe, denn er habe schon lange gefunden, dafs eine ganz neu mit Siegellack überzogene Flasche anfänglich nicht so gute Dienste that, als nach einiger Zeit, auch dafs sie sich dann aufserordentlich stark laden liefs, ungeachtet sie voll feinen Staubes lag. Indefs hat CUTHBERTSON

1 S. dessen 3te Fortsetzung seiner Abhandlung von der Elektricität d. Uebers. Leipz. 1796. S. 102.

2 S. 134. 135.

1 G. III. 1.

Digitized by Google

spätere Versuche seine frühere Beobachtung bestätigt, in- r fand, daſs dieses Hineinhauchen bei recht trockenem r die Fähigkeit der Flaschen, eine stärkere Ladung anzu- n, in dem Verhältnisse von 21 : 15 verstärkte, auch eine ung davon gegeben, auf welche ich in der Theorie der r Flasche zurückkommen werde. Auch VAN MARUM[1] be- : diese Erfahrungen, indem er fand, daſs seine Batterie elbar nachdem er sie in den Sonnenstrahlen erwärmt hatte, so starke Ladung annahm, als einige Stunden nachher, r unbelegte Theil der Flaschen in dem stets feuchten der Teyler'schen Stiftung leicht durch Verdichtung von beschlagen seyn konnte.

in wichtiger Theil der Zubereitung einer Flasche ist die mmene Zuleitung der E. zur innern Belegung und eine Vorrichtung des Zuleiters zu derselben, daſs jene so we- möglich zum Ausströmen der E. Veranlassung gebe. Bei n, die mit einem engen Halse versehen sind, verschlieſst gewöhnlich die Oeffnung mit einem genau einpassenden, lassenes Wachs getauchten Korkstöpsel. In diesen Stöpsel ein Loch gebohrt und ein starker messingner Draht hin- gesteckt, welcher unten mit einigen dünnen federnden gdrähten versehen ist, die sich im Innern vermöge ihrer raft ausbreiten und an die innere Belegung etwas anstem- Ist die Flasche inwendig mit Metallspähnen oder Schrot , so ist es hinreichend, den einfachen Draht bis in diese hinabgehen zu lassen. Oben muſs der Draht 6 bis über die Flasche hervorragen, bei A bekommt er einen oder eine Kugel von etwa ¾ Zoll Durchmesser bei klei- laschen. Es ist sehr bequem, wenn der Draht oben emacht, etwas unter der Spitze aber mit Schraubengän- sehen wird, so daſs man die hohle Kugel A nach Gefallen d abschrauben kann. Bisweilen wird auch der Draht am Ende krumm gebogen, um die Flasche daran aufzuhän- Bei Zuckergläsern mit weiter Mündung, wie man sie ge- ch zu Batterien gebraucht, ist obige Einrichtung nicht lbar. Deckel von mit Siegellack überzogenem Holze orke, wodurch man den Zuleitungsdraht steckte, die n Gebrauch waren, hat man mit Recht verworfen, weil

---

[1] G. I. 81. Anm.

Digitized by Google

sie zu viel Gelegenheit zur Zerstreuung der E. geben. I mit Stanniol überzogenen Kork oder hölzernen Fuſs auf den den der Flasche aufzukitten, in welchen man den Zuleit draht einschraubte, ist theils beim Aufkitten mit Gefahr fü Flasche verbunden, theils mit der Unbequemlichkeit, daſ Fuſs leicht wieder losgeht. Die von v. MARUM angegebene richtung[1] verdient daher in jeder Hinsicht den Vorzug.
Fig. 54. läſst sich cylindrische Stangen von Holz verfertigen, wie a der Dicke von $\frac{2}{3}$ Zoll und von einer Länge, die durch die der Flaschen bestimmt wird. Jede Stange ist auf eine Scheibe c von 4,5 Z. Durchmesser befestigt, und auf ihr Ende wird ein Messingrohr d e gepaſst, auf welches die fe, die bei sehr groſsen Flaschen, besonders wenn sie terien gebraucht werden, anderthalb Zoll im Durchmess ben kann, aufgeschraubt oder auch nur aufgesteckt wird. Messingdrähte von 0,5 Linien Dicke, die den untern Thei Messingrohrs berühren, und längs der hölzernen Stange hi gehen, laufen über die Oberfläche der Scheibe c hinweg daſs sie mit dem belegten Boden des Glases in Berührung kom Jede hölzerne Stange ist oberwärts mit einer ähnlichen höl runden Scheibe g g wie unterwärts von 4,5 Zoll Durchmesser sehen, bis auf welche das Messingrohr d hinabreicht.
Fig. 55. Scheibe hat drei einen halben Zoll dicke längliche Hol h, h, h, die an ihrer untern Fläche durch Streifen von Led befestigt sind, welche letztere statt Charnieren dienen. jeder dieser Latten ist ein Ring oder eine Oehse k, k von singdraht befestigt, die bei der horizontalen Lage der durch den Einschnitt in der hölzernen Scheibe g hindurc Indem in dieser Lage die Oehse ungefähr $\frac{1}{4}$ Z. über die Fläche der Scheibe hervorragt, kann man jede der Latten rer horizontalen Lage befestigen, indem man ein kegelför zugeschnittenes Holzstäbchen durch die Oehse hindurch Die Holzstäbe oder Latten h, h haben gerade die Länge, wenn sie in ihrer gehörigen Länge horizontal in dem Glase gestreckt sind, sie die innere Belegung des Glases berühren die Stange mit dem Zuleitungsrohre in die Flasche einzubr und zu fixiren, läſst man die Holzstäbe h, h an ihren led Charnieren i, i herabhängen, nachdem man vorher kleine

1 Seconde Continuation p. 108.

Digitized by Google

die Ringe k, k befestigt hat, die durch die Einschnitte be g hindurchgehen. Hat man so die Stange mit den hineingebracht, so zieht man die Bindfäden in die s die Holzlatten horizontal ausgestreckt sind, und wenn ınn vermittelst der durch die Ringe durchgesteckten Keil- stigt hat, so ist die Stange selbst in ihrer perpendicu- ge fixirt. Damit die Scheibe g und die Holzstücke h, h s mit zur Ladung des obern Theiles der Flaschen die- en, sind sie, so wie auch die untere Scheibe, mit Stan- rzogen. Man übersieht leicht, dafs durch diese Ein- eine sehr innige und ausgebreitete Verbindung des Zu- it der innern Belegung vermittelt ist, und dafs diese ıng für jede Art von Zuckergläsern sowohl für die voll- cylindrischen als auch für die mit oben verengerter g pafslich gemacht werden kann. Wenn auch der in- ıfang kein vollkommener Kreis ist, so wird man bei der der Stange doch immer eine Lage finden, in welcher ens zwei der Holzstäbe h, h sich an die innere Wand an- n, und dadurch in genaue Berührung mit der innern Be- kommen, worauf so sehr viel bei der Ladung und Ent- ankommt. Die Holzstangen müssen eine hinlängliche haben, damit das Messingrohr mit seiner Kugel wenig- och 6 Zoll über die Mündung der Flasche hervorstehe. ener Erfahrung habe ich diese Einrichtung sehr praktisch n.

ın sieht übrigens leicht ein, dafs sich die beschrieben tung der Ladungsflaschen in Nebenumständen noch man- g abändern läfst. Priestley[1] hat Flaschen von allerlei abbilden lassen. Zu etwas gröfseren Versuchen haben ets die grofsen Zuckergläser den Vorzug, und mehrere e Flaschen von gleicher Gröfse der Belegung aller zusam- nommen, als die einer einzelnen, lassen sich auch bei r Glasdicke nie so stark laden, wie letztere, weil die nheiten zur Zerstreuung der E. bei ihnen nothwendig viel- r vorkommen müssen.

Venn die Ladungsflaschen einen Sprung bekommen, so sie zum ferneren Gebrauch untauglich, jedoch giebt Ca-

---

[1] Geschichte der Elektricität Taf. II. Fig. c — k.

VALLO[1] folgende Methode an, sie wieder brauchbar zu chen. Man nehme vom zerbrochenen Theile die äuſsere gung ab, erwärme die Flasche an der Lichtflamme (wo abe Riſs sich sehr leicht weiter verbreiten kann), und tröpfle nendes Siegellack darauf, so daſs der Sprung damit be wird und das Siegellack dicker aufliegt als das Glas dick ist. Endlich bedecke man das Siegellack und einen der Glasfläche mit einer Mischung von 4 Theilen Wachs, Theile Pech, einem Theile Terpentin, und sehr wenig B öl, die man auf ein Stück Wachstaffet streicht und wi Pflaster auflegt, worauf man die Flasche von neuem b Nach J. P. FOLKES's Erfahrungen soll es sogar schon zureic daſs man auf die Stelle der Flasche, wo sie gesprungen nachdem man zuvor die äuſsere Belegung abgenommen hat wöhnliches Siegellack $\frac{1}{8}$ Zoll dick warm aufstreicht[2]. BROOK[3] hat einen Kitt angegeben, der auf die zersprun Stelle aufgetragen so wirksam seyn soll, daſs bei derselben sche ein neuer Durchbruch nicht leicht an der verkitteten, dern an einer neuen Glasstelle erfolgen wird. Man nimmt zen von spanischem Weiſs, und erhitzt sie, um alle Feuc keit zu verjagen, in einer messingnen Kelle sehr stark. der abgekühlt wird dieses durch ein sehr feines Haarsieb gesiebt, hierauf werden drei Unzen Pech, $\frac{1}{4}$ Unzen Kolo nium und $\frac{1}{2}$ Unze Wachs hinzugethan. Das Ganze wird dann über einem schwachen Feuer unter häufigem Umr fast eine Stunde lang im Fluſs erhalten, bis es ziemlich geworden ist. Dann nimmt man es vom Feuer und setz Umrühren fort, bis die Masse kalt geworden und zum Geb fertig ist. Nach abgenommener Belegung trägt man dieser auf die zerbrochene Stelle auf, und belegt diese auf's Neue

Statt des Glases hat man wegen der Zerbrechlichkeit selben Flaschen von Porcellan in Vorschlag gebracht, die nicht viel weniger zerbrechlich sind. Zu Platten, wozu auſser dem Glase auch Harz-Compositionen, Schwefel und gellack anwendet, hat BECCARIA eine Composition von phonium und gestoſsenem Marmor vorgeschlagen, welch

1 Ph. Tr. Vol. 68. P. II. No. 44. auch vollst. Unterricht I

2 Cuthbertson 1r u. 2r Theil, S. 302.

3 a. a. O. S. 70.

'heilen zusammengeschmolzen und auf eine mit Zinn-kte Tafel gegossen werden. Viele Versuche dieser ılke[1] angestellt, namentlich mit gestofsenem Schwe-ıer dichten Schwefeltafel, mit Lack, Pech und Wachs, ›leiernen Formen zu Tafeln geschmolzen waren, mit he wohl ausgetrockneten Papiers, mit Baumöl, das eiernen Form sich befand, endlich mit einer Luft-)as Oel nahm hierbei nur eine schwache Ladung an, bei gleicher Dicke die stärkste und behielt sie auch n. Kleine Risse in den Tafeln hinderten alle La-

e gewöhnlichen Flaschen ihre Ladung nur kurze Zeit hat Cavallo[2] eine Einrichtung angegeben, welche g über 6 Wochen lang halten soll, und welche unter n der *Sperrflasche* bekannt ist. Aufser der äufsern ı Belegung, welche die Flasche mit allen andern ge-ist in ihrem Halse eine an beiden Seiten offene Glas-gekittet, und diese reicht ein wenig in die Flasche Sie hat am untern Ende einen Draht, der die innere berührt. Die gleichsam andere Hälfte des Zuleitungs-it dem Knopfe ist in eine andere Glasröhre gekittet, st doppelt so lang, aber enger als die vorerwähnte ist, so, dafs an einem Ende blofs der Kopf, am andern etwas weniges vom Draht hervorragt. Diese Glas-ı man nach Gefallen in die andere hineinstecken, wo-ıtere Ende des Drahtes jenen an dem ersten Rohre be-Draht oder noch besser die innere Belegung selbst mufs. Ist diese zweite Röhre in der angegebenen La-nn man die Flasche auf die gewöhnliche Weise laden den. Nimmt man aber nach der Ladung die zweite t dem Knopfe und Drahte heraus, so ist die innere Be-ınz isolirt, und man kann so die Flasche geladen bei n oder versenden, ohne dafs sie die Ladung sobald Donndorf[3] beschreibt diese Flasche mit einigen klei-derungen umständlich, giebt auch[4] noch eine ähnli-

---

hwed. Abh. für 1758. XX Bd. d. d. Uebers. 241.
a. O. I. 324.
:hre von der E. Erf. 1784. I Bd. S. 54.
ɔend. S. 61 f.

che Einrichtung für etwas gröſsere Flaschen an. Auch Sinon hat eine Einrichtung zu einer Sperrflasche angegeben, die aber das Unbequeme hat, daſs man beim Laden die Flasche umkehren muſs. Uebrigens lassen sich mancherlei Einrichtungen einer solchen Sperrflasche leicht ausdenken.

II. Ladung, Entladung und dabei vorkommende Erscheinungen.

1. Ladung und Erscheinungen derselben.

Die Ladung der el. Platten und Flaschen besteht im Allgemeinen darin, daſs man der einen Belegung oder Seite die positive oder negative E. mittheilt und in derselben anhäuft unter Verhältnissen, unter welchen sich in der entgegengesetzten Belegung die entgegengesetzte E. anhäufen kann. Ueber die hierbei statt findenden Erscheinungen und überhaupt den ganzen Vorgang wird man am gründlichsten belehrt, wenn man ein Elektrometer zu Hülfe nimmt.

a. Der einfachste Fall der Ladung einer Flasche ist, daſs man dieselbe mit einer Hand an ihrer äuſseren Belegung anfaſst, und mit ihrem Knopfe in eine Entfernung von ungefähr einem halben Zolle von dem Conductor einer in Bewegung gesetzten Elektrisirmaschine bringt; es wird eine Folge von Funken in dieselbe überspringen, die nach und nach schwächer werden und endlich aufhören. Bringt man die Flasche näher, so werden abermals Funken in dieselbe übergehen, und um den Procefs bis zu seinem Maximum zu treiben, muſs man die Flasche mit dem Conductor der Maschine in Berührung bringen, was überhaupt vom Anfange an die günstigste Bedingung für die Ladung ist. Wenn man den Versuch unter Anwendung eines Adams'schen Ladeelektrometers[2] anstellt, so beobachtet man folgendes. Wird das Elektrometer auf den ersten Leiter aufgesteckt, und die Elektrisirmaschine ist nur einigermaſsen wirksam, so zeigt dasselbe, noch ehe die Scheibe eine ganze Umdrehung durchlaufen hat, das Maximum von Spannung, d. h. der mit der Kugel versehene bewegliche Metalldraht steigt bis 90°. Wird aber dann die Flasche mit demselben Leiter in V

1 a. a. O. S. 74.
2 S. *Elektrometer* III. 675.

ebracht, so sind nach Verhältnifs der Gröfse der Be-
hr oder weniger Umdrehungen erforderlich, ehe das
er dieselbe Spannung erreicht. Es versteht sich von
s derselbe Erfolg eintritt, wenn das Elektrometer auf
der belegten Flasche selbst aufgesteckt ist, deren Zu-
die mit ihr verbundene innere Belegung demnach freie
ng zeigen, die mit der Ladung zunimmt, und die
Elektrometer angezeigt wird. Je gröfser die Belegung
e mehrere mit einander verbundene Flaschen zugleich
erden, desto mehr Umdrehungen der Maschine sind
mit das Elektrometer das Maximum von Spannung er-
lches dasselbe überhaupt anzunehmen vermag. Das
ter wird unter keinen Umständen auf eine höhere Span-
eben werden können, als dasselbe auch auf dem blo-
Leiter, wenn keine Ladung vorgenommen wird, an-
im Stande ist, und bei der Ladung von grofsen Bat-
rd es selbst diesen höchsten Grad von Spannung sel-
hen, sondern etwas niedriger z. B. auf 70° oder 80°
eiben, wie lange man auch das Umdrehen der Maschine

Wenn unter sonst günstigen Umständen für die Ladung
trockener kalter Luft, das Elektrometer nicht weiter
igt, so wird man, wenn nicht etwa eine Selbstentla-
olgt, stets ein deutliches Zischen der aus dem Knopfe der
oder dem Stiele desselben ausströmenden E. vernehmen,
im Dunkeln mit der Erscheinung eines Feuerpinsels ver-
st, und die Flasche oder Batterie ist dann auf ihr Ma-
eladen.

Um die Ladung zu bewirken, ist es eben nicht nöthig,
he in der Hand zu halten, sondern man kann die da-
ermittelte und zur Ladung unter diesen Umständen
dige Verbindung mit dem Erdboden auch dadurch be-
dafs man die Flasche auf einen Tisch setzt. Zur schnel-
adung grofser Flaschen, vorzüglich aber der gröfsern
n, ist es indefs nothwendig, die Communication mit
lboden noch freier zu machen, indem man eine Kette
nen Draht von der äufsern Belegung aus mit dem nach
dboden führenden Drahte der Elektrisirmaschine in Ver-
g setzt. Bedient man sich einer Kette, um die Zuleitung
n Conductor nach dem Knopfe zu machen, so mufs man

wohl darauf sehen, dafs die Glieder derselben überall gena
sammengelöthet und von hinlänglich dickem Drahte seyen,
ein zu dünner Draht oder die rauhen Enden der Glieder
frühern Ausströmen Veranlassung geben.

d. Bei dieser Art der Ladung zeigt nur die *eine* Bel
freie Spannung, da die *andere* wegen ihrer Verbindung mi
Erdboden stets auf 0 bleibt.

e. Alle Erscheinungen zeigen sich auf dieselbe Art,
man statt positiv zu laden, negativ ladet, d. h. wenn ma
dem Knopfe der Flasche den isolirten Knopf des Reibzeug
rührt, während die äufsere Belegung mit dem Erdboden in
bindung ist. Eben so zeigen sich alle Erscheinungen auf
selbe Weise, wenn man die äufsere Belegung an den Cond
der Maschine legt, während man die Flasche am Knopfe
nur zeigt dann die äufsere Belegung die freie el. Spannung u
innere Belegung mit dem Zuleiter zu derselben Zeit nach auf

f. Statt die eine Belegung mit dem Erdboden in
bindung zu setzen, kann man die Ladnng eben so bew
wenn man den beiden Belegungen die entgegengesetzte l
zwei Elektricitätsquellen unmittelbar zuführt, ein Vers
welches den ganzen Procefs der Ladung in ein vorzüglich
les Licht setzt. Dieses läfst sich bei der jetzt allgemein ei
führten Einrichtung der Elektrisirmaschinen, nach welch
Reibzeug mit einem eigenen isolirten Conductor versehen
leicht dadurch bewerkstelligen, dafs man die innere Bele
der übrigens vollkommen isolirten Flasche mit dem posi
die äufsere mit dem negativen Conductor oder umgekel
Verbindung bringt. Hierbei wird sich nun, verglichen mi
ersten Hauptfalle (a) der Unterschied ergeben, dafs beide
gungen freie el. Spannung von gleicher Stärke, wenn i
Gröfse und Form des negativen und positiven Conductors
möglich Gleichheit beobachtet ist, zeigen, dafs ferner m
Umdrehungen der Maschine erforderlich seyn werden,
dieselbe Flasche auf dieselbe Spannung, mit dem gle
Elektrometer geschätzt, zu laden, dafs folglich auf dies
geladen dieselbe Flasche bei demselben Stande des Lad
elektrometers, eine gröfsere und zwar, wie sich aus der T
rie der Ladung ergeben wird, eine doppelt so grofse L
hat. Bei dieser Art der Ladung kann man sagen, dafs die
sche sich durch ihre eigene E. lade, da die positive E.,

Digitized by Google

er mit dem Reibzeuge verbundenen Belegung in dieses, t in den positiven Leiter übergeht, von diesem der Bevomit letzterer verbunden ist, allmälig zugeführt wird. den beiden Hauptfällen a. und f. befindet sich die Flar solchen Umständen, daſs, indem der einen ihrer BeE. zugeführt wird, die andere im gleichem Verhältit gleichnamige E. abgeben und die entgegengesetzte 1 kann. Daſs dieses wirklich während der Ladung , und nothwendige Bedingung zur Ladung sey, be- e Anstellung des Versuchs mit einer isolirten Flasche. ın die Flasche durch eine Kette oder einen Haken an 1 Leiter, so daſs sie übrigens in der Luft vollkommen , und wird nun abermals das Ladungs-Elektrometer onductor aufgesteckt, so sind nicht, wie in a., mehrehungen der Maschine nöthig, um das Elektrometer laximum der Spannung zu bringen, sondern diese wird, s wenn die Gröſse der Belegung der Flasche gegen die ıe des Conductors der Maschine nicht sehr in Betracht eben so schnell eintreten, als wenn die Flasche gar nicht ı Verbindung wäre, und die Flasche wird auf die wei- 1 angegebene Weise untersucht, keine merkliche Ladung Ist jedoch die äuſsere Belegung der Flasche nicht al- n eben und glatt, sondern hat sie Spitzen und rauhe so kann doch in diesem Falle eine schwache Ladung , besonders wenn die Luft feucht ist. Dieses wird um geschehen, wenn man die Flasche statt durch die Luft en, auf einen Harzkuchen stellt, besonders wenn der- e und da kleine Risse hat. Wird die Flasche nach der rt des Verfahrens auf eine so vollkommen als möglich e Grundlage, also z. B. auf einen hinlänglich groſsen, tten, und ebenen, Harzkuchen gestellt, und mit ihrem dem ersten Leiter etwa auf einen halben Zoll genähert, äuſseren Belegung auf dieselbe Weite entweder der des Fingers, oder auch ein mit einem Knopfe verse- essingstab, den man in der Hand hält, genähert, und chine in Bewegung gesetzt, so schlagen eben so wie aus nductor der Maschine auf den Knopf der inneren Bele- s der äuſseren Belegung auf den Knöchel oder jenen ortdauernd Funken über, und so wie die Funken vom or aus kleiner werden, und der Knopf demselben darum 1.

mehr und mehr genähert werden mufs, so mufs auch der Knöchel oder jener Messingleiter der äufseren Belegung mehr und mehr bis zur unmittelbaren Berührung genähert werden. Wird die Flasche positiv geladen, so ist die dem Knöchel oder dem messingenen Leiter mitgetheilte E. gleichfalls positiv, im entgegengesetzten Falle negativ, so dafs für den ersten Anschein die zur innern Belegung geführte E. gleichsam durch das Glas hindurch zu dringen scheint, wenn nicht schon allein der Umstand, dafs die Funken immer kleiner werden, und endlich ganz aufhören, obgleich die Maschine fortdauernd umgedreht wird, auf einen ganz andern Ursprung jener Funken hindeutete.

h. Mit der aus der äufseren Belegung entweichenden E. läfst sich eine zweite, von dieser aus eine dritte und so fort laden, wobei alle Flaschen einer solchen Reihe vollkommen isolirt seyn können, wenn nur für eine gehörige Verbindung ihrer äufseren Belegung mit der innern der nächstfolgenden gesorgt ist, und die äufsere Belegung der letzten entweder mit dem Erdboden oder dem isolirten Reibzeuge der Maschine, an deren positiven Conductor die erste Flasche der Reihe geladen wird, in Verbindung gesetzt ist. Ist kein Luftzwischenraum zwischen den zusammengehörigen Belegungen der auf einander folgenden Flaschen, so geht der Vorgang der Ladung aller Flaschen ganz still vor sich, im entgegengesetzten Falle schlagen durch diesen Zwischenraum, wenn er nicht zu grofs ist, Funken durch. Man kann diesen Versuch durch eine zweckmäfsige Einrichtung einer Elektrisirmaschine mit zwei Flaschen sehr lehrreich so darstellen, dafs man zu den zwei Conductoren derselben zwei vertical auf ihren Glasfüfsen stehende hohle Cylinder von Messing- oder verzinntem Eisenblech nimmt, in welche zwei aufsen unbelegte cylindrische Ladungsflaschen genau hineinpassen, so dafs sie mit ihrer Glasfläche gut an die Wand der Höhlung anschliefsen, und noch um 3 Zoll mit ihrer unbelegten Fläche darüber hervorragen. Hier vertritt nun der cylindrische Conductor die Stelle der äufseren Belegung. Verbindet man dann die beiden Knöpfe der Zuleiter zur innern Belegung durch einen Messingdraht, welcher vermöge einer doppelten rechtwinklichen Biegung in einer hinlänglichen Höhe über der Scheibe hinweggeht, und mit einer Glasröhre in seiner gröfsten Länge umgeben ist, so dafs man ihn ohne ihn ableitend zu berühren, nach geschehener Ladung hinwegnehmen kann, und setzt nun die Maschine in Bewegung,

n sich, auch wenn beide Conductoren isolirt sind, doch le Flaschen in einem hohen Grade, und zwar hat die äuſsere gung der einen Flasche freie positive, die äuſsere Belegung andern, mit dem Conductor des Reibzeugs verbundenen che freie negative Spannung, ihre beiden innern Belegungen 0 el. und beide sind gleich stark geladen.

i. Wenn man eine Reihe von isolirten Flaschen an einan- ladet, wovon nur die letzte durch ihre äuſsere Belegung mit Erdboden verbunden ist, so ist die Ladung jeder folgenden che schwächer als die der vorhergehenden, und zwar ist die ung nach einem bestimmten Gesetze abnehmend, wie man sowohl durch die schwächere Erschütterung als durch die eigen der Elektrometer überzeugen kann, die bei jeder fol- den eine schwächere freie Spannung, als bei der vorherge- den, dem Leiter, von welchem die Ladung ausgeht, näher tenden, annehmen. Ist aber von einer solchen Reihe von chen, welche soviel möglich einander vollkommen gleich n mögen, die eine äuſserste mit ihrer innern Belegung mit n positiven Conductor, die andere äuſserste mit dem negati- n Conductor in Verbindung, übrigens alle Flaschen als voll- mmen isolirt, und nur auf die vorhin angegebene Weise mit nder verbunden angenommen, so sind die beiden äuſsersten ch stark geladen, und die Ladung nimmt nach der Mitte der he zu nach einem bestimmten Gesetze ab.

k. Wenn man eine Flasche, die mit einem *Adams'schen dranteneleklrometer* versehen ist, ladet, so findet man, daſs elbe in dem Verhältnisse in die Höhe steigt, in welchem die chine länger umgedreht wird. Unter der Voraussetzung, nichts von der Quantität der E., welche durch die rehung der Maschine erregt wird, verloren geht, sondern nern der Flasche verdichtet wird, wie sich auch durch die ren Betrachtungen im Geiste derjenigen Theorie, welche inziges Fluidum als die Ursache der el. Erscheinungen an- vollkommen rechtfertigen wird, so sieht man leicht ein, ür eine gegebene Flasche der Grad der freien Spannung, en das Elektrometer anzeigt, auch die Stärke der Ladung men wird. Wenn zwei Flaschen, die in allen Stücken möglich übereinkommen, gleich stark geladen werden sol- so wird nothwendig die doppelte Menge von E. und also leichförmiger Wirksamkeit der Maschine die doppelte An-

zahl von Umdrehungen erforderlich seyn, und das Elektrom wird abermals dieselbe freie Spannung wie im ersten Falle gen; drei Flaschen werden die dreifache Quantität fordern, dieselbe Spannung wird dieses dreifache Quantum anzei Dieses lehren auch unmittelbare Versuche. Statt die Flas zu vervielfältigen, kann man dieselbe Wirkung durch die wendung einer größeren Flasche mit einer größeren Beleg erhalten, und dieselbe Spannung wird also in demselben hältnisse ein größeres Quantum von verdichteter E. und also größere Ladung anzeigen, in welchem die Oberfläche der B gung größer ist, oder unter sonst gleichen Umständen wi Stärke der Ladung und der durch die Entladung hervor genden Wirkung durch das Product aus der durch ein und selbe Elektrometer gemessenen Spannung in die Größe der O fläche im Allgemeinen angezeigt werden, ohne daß jedoch hauptet werden soll, daß diese Größe der Ladung nume genau durch das Product aus der Zahl, welche die Größe Oberfläche in einem und demselben Areal Masse, z. B. in dratschuhen oder Zollen, anzeigt, in die Zahl der Grade Elektrometers ausgedrückt werde, es wäre denn, man hätt Elektrometer angewandt, dessen Grade vorher so regulirt den sind, daß die durch sie in Zahlen angezeigten Spann mit den Quantitäten von freier E. an einer gegebenen Ober wirklich übereinstimmen.

I. Diese Bestimmungsart der Stärke der Ladung gilt je nur für ein und dieselbe Glasesdicke und vielleicht selbst hi nur für eine und dieselbe Art von Glas. Ladet man zwei schen, die man von hinlänglicher Größe, z. B. von wenig zwei Quadratfuſs nehmen muſs, um den Erfolg auffallend machen, deren Glasesdicke beträchtlich von einander abw so wird man finden, daſs die von dünnerem Glase mehr Um hungen der Maschine erfordert, damit das Elektrometer zu selben Grade von Spannung steige, wie die Flasche von di rem Glase, die Ladung der ersteren wird also bei gleichem St des Elektrometers stärker seyn, als die der letzteren. Ca dish hat das Gesetz aufgestellt, daſs bei gleicher freier S nung und gleicher Gröſse der Belegung die Stärke der La im umgekehrten Verhältnisse der Glasesdicke sey, eine Beh tung, über deren Richtigkeit sich nicht wohl mit Bestimm entscheiden läſst. Ob bei gleicher Dicke die besondere Bes

Digitized by Google

les Nichtleiters noch ihren Einfluſs äuſsere, darüber fehlt nügenden Versuchen. Wollte man die Analogie des ımus zu Hülfe nehmen, so würde diese besondere Beıeit als keinen Einfluſs äuſsernd zu betrachten seyn, da ıeilende oder Atmosphären-Wirkung des Magnetismus le Medien in gleichem Grade hindurchgeht, und nur e Entfernung modificirt wird, die Erscheinungen der Flasche aber auch lediglich von einer Atmosphären-; abhängen. Daſs Wilke einen Unterschied nach der denheit der Materien, aus welchen seine Ladungsplatınden, fand, und besonders am Siegellack eine so übere Ladungsfähigkeit beobachtete, kann auch bloſs von gleichen Leitungs-Vermögen dieser verschiedenen Nicht-von denen keiner ein absoluter Isolator ist, abgehanen.

Die Ladung einer Flasche oder Platte findet sich nicht Belegungen, sondern auf der Glasfläche selbst. Man kann lie Belegungen abnehmen, und mit andern vertauschen, aſs dadurch die Ladung der Flasche oder Platte mit wegnen wird. Man kann diesen Versuch auf verschiedene anstellen. Bei Glasplatten ist er am leichtesten anzustelenn man zu ihren Belegungen Messingplatten gebraucht, isolirenden Handgriffen versehen sind, an denen man sie Glasplatte abziehen, und ähnliche an ihre Stelle bringen Während der Ladung muſs dann begreiflich die eine Bemit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt were man nach geschehener Ladung wieder aufhebt. Eine rs bequeme Vorrichtung hierzu, und um alle auf die der Ladung sich beziehende Versuche anzustellen, ist vischen ein Gestell von überfirniſsten Glasstäben senkrecht ıngte Glasplatte, die in einem Rahmen von recht trockeıd wohl überfirniſstem Holze eingefaſst ist, um sie mit n Schnüren, die an den Rahmen befestigt sind, an die ılen, wovon zwei senkrecht aufgerichtet sind, und die quer oben über weggeht, aufzuhängen. Die Belegungen n aus recht ebenen, glatten runden Platten von dünnem, gblech mit umgeschlagenem, dadurch etwas verdicktem ıbgerundetem Rande, die gleichfalls senkrecht an Glassäuf geeigneten Füſsen befestigt sind, und auf der Bodendes Gestells, in welchem die Ladungsplatte hängt, her-

angeschoben werden können, so dafs sie parallel einander gerade gegenüber stehen, und nur durch die Glasplatte, an welche sie recht genau anschliefsen müssen, von einander getrennt sind. Von solchen Platten hat man dann ein doppeltes Paar nöthig. Zieht man nach geschehener Ladung die zuerst gebrauchten Platten ab, und bringt an ihre Stelle das zweite Paar, so wird man bei der Entladung immer noch eine sehr derbe Erschütterung erhalten. Dieser Versuch gelingt indefs nur recht gut bei trockener Witterung, und wenn man etwas schnell jenen Austausch vornimmt, denn allerdings haftet ein Theil der E. an der Metallbelegung derjenigen Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, und welche freie Spannung zeigt, und wenn man diese Platte abzieht, so wird auch ein Antheil vorher gebundener E. auf der entgegengesetzten Fläche frei. Man kann denselben Versuch auch mit einem Zuckerglase oder Trinkglase machen, dessen Belege aus passenden schüsselförmigen Deckeln von Zinn oder mit Zinnfolie überzogener Pappe bestehen, in deren einen man das Glas hineinsetzt, während der andere sich bequem durch die Oeffnung der Flasche einbringen läfst, und die nach geschehener Ladung mit ähnlichen vertauscht werden. Eine Hauptsache ist, dafs diese beweglichen Belegungen genau an die Glasfläche anschliefsen. Bei mit Schrot gefüllten Flaschen kann man diesen auch ausschütten, und durch andern ersetzen, und die Flasche wird ihre Ladung nicht verloren haben.

Die Belegungen dienen vorzüglich nur dazu, die bei der Ladung den Belegungen zugeführte E. gleichförmig über alle Puncte der Glasfläche zu verbreiten und auch bei der Entladung auf einmal von allen Puncten der Glasfläche abzuleiten. Wäre die Glasfläche ohne Belegung, so würde beim Laden die E. nur zunächst derjenigen Glasstelle zugeführt werden, mit welcher der Zuleitungsdraht in unmittelbarer Berührung ist, und die übrigen Stellen würden so gut wie ohne Ladung bleiben. Bei gehörigem Verfahren kann man indefs auch eine unbelegte Flasche oder Platte laden. Man halte eine reine und trockene Glasplatte an eine ihrer Ecken, und fahre mit ihr über die am positiven oder negativen Conductor durch einen Messingdraht befestigte hervorstehende Kugel, so dafs jede Stelle des Glases nach und nach mit ihr in Berührung kommt, während man die Glasplatte auf der andern Seite mit dem Finger oder irgend einem andern mit dem Erdboden in Verbindung stehenden Leiter der jedes-

der Kugel anliegenden Stelle gegenüber berührt. Die te wird auf diese Art geladen, indefs zeigt sie ihre volle durch eine ähnliche Explosion, wie andere belegte Glasnur dann, wenn man vor Anbringung des Ausladers an den Oberflächen Metallplatten anlegt, die auf einmal von ıncten der geladenen Glasfläche die E. dem Auslader zukönnen, während bei Anbringung des Ausladers an die te Glasfläche die Entladung nur von jeder einzelnen ıs, mit welcher der Auslader in Berührung kommt, mit leinen Funken geschieht, weswegen aber auch nach der viele solcher Entladungen erfolgen können, wenn man n Auslader über die Glasplatte hinfährt. Noch schneller ıan die Ladung einer solchen unbelegten Glastafel bewirvenn man die Zuleiter, welche ihren beiden Flächen die ngesetzten Elektricitäten zuführen sollen, zuspitzt, und ıstafel während der Elektrisirung zwischen ihnen hin und ıhrt. Nur eine Luftschicht scheint sich bei ihrer Ladung ıe andere Weise, wie die übrigen Nichtleiter zu verhal-Diese wird dadurch bewirkt, dafs man zwei mit Stanniol ogene, recht ebene, Bretter einander gegenüber bringt, man das eine auf den Tisch legt und das andere an sei-Fäden aufhängt, genau parallel über dem ersteren, durch uftschicht von einem Zoll davon getrennt, und dem letzdurch die Maschine E. zuführt, ein Versuch, den zuerst E angestellt zu haben scheint[1]. Hier wird man bei der Beıg beider Flächen eine starke Erschütterung erhalten, zum se einer wirklich statt findenden Ladung, und zwar auch wenn man während der Anstellung des Versuchs durch Blasebalg die dazwischen befindliche Luft fortdauerd ert. Der Uebergang der E. von einer recht glatten ebenen e an die Luft selbst findet also nicht statt wie an einen star-Nichtleiter, und die durch die Ladung verdichtete E. haftet also an den Metallflächen selbst, und wird daran, wie an Leitern überhaupt, nur durch den Widerstand der Luft zugehalten. Uebrigens gelingt der Versuch der Ladung einer schicht nur bei recht trockenem Wetter, und die Erschütg ist nur dann recht stark, wenn man dieselbe noch wähder fortdauernden Elektrisirung nimmt, verliert sich dage-

1 a. o. a. O. S. 263.

Digitized by Google

gen sehr schnell nach dem Aufhören derselben, wovon die U sache wohl in der Beweglichkeit der Luft, die eben darum m ein sehr unvollkommener Isolator ist, liegt. Dasselbe findet au bei der Ladung einer Oelschicht statt.

n. Cuthbertson will wiederholt die Beobachtung gemac haben, daſs im Winter dieselben Flaschen keine so starke L dung annehmen, als im Sommer, die Stärke der Ladung sowo nach der Länge des Entladungsfunkens durch das Lane'sche Au ladeelektrometer, als nach der Länge des geschmolzenen Eis drahts bestimmt[1]. Eben die Flasche, mit welcher Cuthber son 8 Zoll Eisendraht im Sommer geschmolzen hatte, konnte i Winter keine Ladung vertragen, die stark genug war, um 5 Z. zu scmelzen, ohne durchbrochen zu werden, und trug sich dieses so anhaltend zu und Cuthbertson zerbrach viele Flaschen, daſs er endlich genöthigt wurde, das Drah schmelzen von mehr als 4 Z. mit Flaschen von gewöhnlich Gröſse zu unterlassen. Diese Verschiedenheit läſst sich nur a der verschiedenen Beschaffenheit der Luft im Sommer und Wi ter erklären. Im letzteren leistet nämlich die Luft wegen ih gröſseren Dichtigkeit und Kälte dem Durchbruche der E. me Widerstand, als im Sommer, und da Cuthbertson den Ve such über das Schmelzen des Drahtes immer so anstellte, da der Funken eine gewisse Luftstrecke von dem Knopfe der La dungsflasche zu der Kugel des Ausladers, der dann den Sch weiter zu dem zu schmelzenden Drahte führte, durchbrech muſste, so läſst sich sehr wohl erklären, warum nun eine stä kere Ladung zum Durchbrechen durch diese Strecke im Wint als im Sommer erforderlich war, die, wenn sie an der Gl sesdicke selbst weniger Widerstand fand, als in den vereinigt Hemmungen des Weges, den sie zu durchlaufen hatte, eher d Glas durchbrach als den letztern Weg nahm. Hätte Cuthber son die Kugel des Ausladers dem Knopfe der Flasche genähe so würde er ohne Zweifel auch im Winter jene 8 Zoll Eisendra mit derselben Flasche haben schmelzen können. Die gröſse Länge des Funkens beim Ausladen im Sommer als im Wint erklärt sich auf die nämliche Weise von selbst. Doch könnte au eine gröſsere Sprödigkeit des Glases durch die Winterkälte Anth an der leichtern Zerspringbarkeit beim Elektrisiren gehabt habe

---

1 Abhandlung von der El. 3te Fortsetzg. S. 130. 131.

Digitized by Google

ntladung der Leidner Flasche, Er-
:rungsschlag, Bedingungen und allge-
nste Verhältnisse der Erschütterung.

)ie Entladung der Leidner Flasche wird bewirkt, wenn leitende Verbindung von einer Seite derselben zur an-t, auch nur so weit, bis sie der andern Seite so nahe lafs die E. derselben die zwischenliegende Luft durch-kann. Man bedient sich gewöhnlich dazu des Ausla-lessen eines Ende an die äufsere Belegung angesetzt, re aber dem Knopfe genähert wird. Sobald dieses Ende gehörigen Abstand vom Knopfe (in die *Schlagweite*) so bricht zwischen beiden ein starker Funke mit einem Laute aus, und die Ladung der Flasche ist bis auf einen Ueberrest verschwunden. Diese Erscheinung heifst der **rische Schlag** (*explosio electrica*; explo-lectrique, coup foudroyant; *electrical shock*). Funke übertrifft zwar den Funken aus dem ersten Leiter laschine nicht an Länge, vielmehr kann man durch an-:ne Ausdehnung des ersten Leiters und das richtige Ver-zwischen den beiden Kugeln, zwischen denen der Funke icht [2], diesem eine viel gröfsere Länge verschaffen, als e des Entladungsfunkens selbst der gröfsten Batterieen ist, ı ist letzterer viel dicker, glänzender, in seiner Bahn ge-nd nicht zickzackförmig, der Laut desselben ist viel hef-ınd nähert sich bei sehr grofsen Batterieen schon dem einer kleinen Pistole.

Wenn die Ladung nicht allzu stark ist, so kann man Schlag durch den Körper eines oder mehrerer Menschen lassen. Ist es nur einer, so fafst er die Flasche an der n Belegung mit der einen Hand, und nähert den Finger lern Hand ihrem Knopfe; sind es mehrere, so viel ihrer :yn mögen, so bilden sie eine Kette, indem sie sich die geben, der erste fafst die Flasche mit der Hand, der bringt den Finger gegen den Knopf. Sobald der Schlag :ht, fühlen alle, wenn es auch hundert oder mehrere sind,

---

S. *Auslader*.

S. *Elelektrisirmaschine*.

Digitized by Google

und die Belegung alsdann nur eine verhältnifsmäfsige Gröfse wenigstens einem Quadratschuh hat, in demselben Augenbl eine heftige Erschütterung, vorzüglich in den Gelen der Hände, Arme und Schultern und in der Brust, die jed in der Regel keine weitere schmerzhafte Empfindung zuri läfst. Davon heifst der Schlag auch die elektrische E schütterung (*concussio, commotio electri commotion électrique*). Ist die Ladung stark, z. B. einer Batterie oder auch nur einer Flasche von mehreren Q dratschuhen Belegung, die zu einem hohen Grade von Sp nung geladen ist, so darf man sich dem Schlage nicht aussetz weil er alsdann Thiere zu tödten vermögend ist, und Lähm der Nerven in den Theilen, durch welche er hindurchg Blutspeien u. d. g. verursachen könnte. Ueberhaupt bringt E. bei der Entladung der Flaschen und Platten, vorzüglich w mehrere zu einer Batterie vereinigt sind, die erstaunlich Wirkungen hervor, und heifst daher *verstärkte Elektri* Doch findet darum kein wesentlicher Unterschied zwischen ih der sogenannten *einfachen* E., wie sie vom ersten Leiter Maschine aus wirkt, statt, wie man denn durch eine ange sene Einrichtung die Wirksamkeit dieser letzteren bei hinläng Stärke der Maschine bis auf einen Grad verstärken kann, sie mit derjenigen einer Leidner Flasche ganz übereinkom Volta[2] hat für verschiedene Gröfsen der Belegung denjen Grad der Spannung nach seinem Strohhalmelektrometer besti welcher nöthig ist, damit im kleinen Finger eine eben wahrnehmbare Erschütterung empfunden werde, und fand zu einer gewissen Grenze, dafs um bei noch einmal so gr Belegung den gleichen Effect hervorzubringen, eine Span etwas gröfser als die Hälfte erforderlich ist. Doch mag nac nem andern Elektrometer das Resultat wohl anders ausf Uebrigens weichen die Erschütterungen wenigstens qual merklich von einander ab, wenn sie auch durch dieselbe M von E. hervorgebracht werden, je nachdem die Oberfläche die Spannung oder umgekehrt ersetzt wird. Die von einer nen Flasche mit grofser Spannung sind lebhafter, sch gleichsam vibrirend, aber weniger voll, die von einer gr

1 Vergl. *Elektrisirmaschine.*
2 G. XIV. 260.

oder Batterie mit schwacher Spannung sind schwerer r, und gleichen mehr den Schlägen der el. Fische.
Es kann auch die Entladung einer Flasche stillschweine Schlag und Erschütterung bewirkt werden, wenn le Seiten derselben allmälig von ihren E. befreit (denn n zu befreien, ist wegen des Wirkungskreises der entetzten auf der andern Seite, durch welche jene zurückwird, unmöglich, wie aus der Theorie noch weiter wird). Am lehrreichsten in Beziehung auf das Wesen ng und Entladung geschieht dieses, wenn man eine adene Flasche auf einen Harzkuchen oder eine sonst ende Unterlage stellt. Berührt man nun den Knopf mit ger, so erhält man, da keine leitende Verbindung von zur äufsern Belegung statt findet, keinen Schlag, sonr einen stechenden Funken. So wie man diesen Funommen hat, ist die innere Belegung mit ihrem Zuleiter rückgebracht, wie dieses mit jedem Leiter der Fall ist, man mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt Dagegen zeigt nun die äufsere Belegung, die vorher el. freie el. Spannung, und zwar von der entgegengesetzten wie die der inneren Belegung, und man kann nun aus eben so einen schwachen Funken erhalten. So wie man genommen, und damit die äufsere Belegung wieder auf 0 gebracht hat, so zeigt der Knopf und die innere Belegung ls freie Spannung von derselben Qualität, wie sie im e hatte, man kann einen neuen Funken aus ihr ziehen, die äufsere Belegung wieder dasselbe Verhalten, wie bei tziehung des ersten Funkens zeigt. So erhält man durch iselnde Berührung des Knopfes und der äufseren Beleortdauernd Funken, die aber nach einem bestimmten Gemmer schwächer und schwächer werden, und hat man lange genug fortgesetzt, so dafs am Ende keine der Been auch am empfindlichsten Elektrometer freie Spannung zeigt, so ist die Flasche vollkommen entladen. Diese hweigende Entladung kann man auf eine interessante Weise dadurch bewirken, dafs man um die äufsere Belegung eiessingenen Ring legt, aus dem ein krumm gebogener Stab Fig. 56. inem Knopfe B heraufgeht, so dafs die beiden Knöpfe A sich in einer Entfernung, die etwas gröfser als die Schlagist, gegenüberstehen. Wenn man dann einen leichten

Digitized by Google

Körper wie eine Kork- oder Hollundermark-Kugel an ei seidenen Faden zwischen die beiden Kugeln herabhängen l so wird er abwechselnd von A und B angezogen, bringt so und nach die entgegengesetzten E. der beiden Seiten zur A gleichung, womit die Entladung der Flasche gegeben ist. hat diesem Versuche auch wohl den Namen der *elektrischen Sp* gegeben, indem man jenem leichten Körper eine solche F gab, und die Hin- und Herbewegungen desselben zwi den beiden Kugeln gleichsam die Bewegungen jener Spin darstellen, wenn sie ihr Gewebe spinnt. Die Spinne wird aus Kork oder leichtem Holze geschnitten und lackir dafs ihr Körper dem jenes Thieres gleicht, die Füfse aber den aus seidenen Fäden nachgebildet. Befestigt man an Knöpfen A und B metallene Glocken, und wird an dem s nen Faden statt der Spinne eine kleine metallene Kugel an hangen, so entladet sich die Flasche allmälig durch ein Ge

d. Die allmälige Entladung findet auch statt, wenn ma äufsere Belegung mit der Erde in Verbindung setzt, und auf Knopf der innern eine Spitze aufsteckt, oder wenn der Z tungsdraht schon an und für sich in eine Spitze ausgeh durch Abschrauben der Kugel entblöfst wird, wobei m greiflich sich isolirender Werkzeuge bedienen mufs. Unt sen Umständen zerstreut sich die E. der innern Belegung schweigend durch die Spitze, und zwar bei positiver L derselben mit einem im Dunkeln sichtbaren positiven F strahle, bei negativer mit der Lichterscheinung der neg Spitzen, während die E. der äufseren Belegung sich gl zeitig mit dem Erdboden ausgleicht. Dieselbe stille Entl erhält man auch, wenn man die zugespitzten Enden des laders, von dem man zu diesem Behuf vorher die Kugeln schraubt hat, dem Knopfe der inneren und äufseren Bel der auf einem Harzkuchen isolirten Flasche gegenüber hält, zwar in einer gröfseren Entfernung als diejenige ist, bis zu cher der mit seiner Kugel versehene Auslader dem Knopf Flasche zur Erhaltung des Schlags genähert werden mufs, w unter Voraussetzung positiver Ladung der inneren Belegung die Knopfe gegenüberstehende Spitze einen negativen, die der äuf Belegung gegenüberstehende einen positiven Feuer-Pinsel und umgekehrt bei entgegengesetzter Ladung. Selbst wenn Flasche an ihrem Zuleitungsdrahte mit keinen Spitzen versehe

sich doch nach einiger Zeit ihre Ladung von selbst, re äufsere Belegung in leitender Verbindung mit dem ı ist, weil die Luft und die in ihr schwebenden lei- 'heilchen die E. der innern Belegung allmälig abführen, :h die der äufseren Belegung in gleichem Verhältnisse n Gegensatze ausgleichen kann. Doch geht diese Zer- um so schneller vor sich, je kleiner die Kugel des Zu- rahtes und je dünner dieser selbst ist, dem Gesetze welches unter dem Artikel: *Elektricität* über die Ab- erselben durch die Luft aufgestellt worden ist.

Wenn man eine etwas gröfsere Flasche oder gar eine auf die gewöhnliche Weise durch einen Auslader entla- dafs man die Kugel derselben nur so weit mit dem der Flasche nähert, dafs die Explosion erfolgen kann, l man nach erfolgtem Schlage in sehr kurzer Zeit bei r Annäherung der Kugel abermals eine, aber viel schwä- xplosion erhalten, und wenn man abermals eine ge- eit abwartet, eine zweite und selbst noch eine dritte, die immer schwächer werden, wo aber selbst die zweite bei nsehnlichen Batterie trotz der Kürze des Entladungsfun- ft noch eine sehr heftige Erschütterung verursacht. Man defs unter günstigen Umständen die Kugel des Ausladers n Knopfe auch in unmittelbare Berührung bringen, nur an diese wieder aufheben, um bei neuer Annäherung je- ite Explosion zu erhalten. Dieser Ueberrest der Ladung vorzüglich dann statt, wenn die Luft recht trocken ist. . Marum's[1] Versuchen steht er einigermafsen im umge- ı Verhältnisse mit dem Grade, bis zu welchem bei der- Flasche oder Batterie die Ladung getrieben worden ist. ien er bei einer Ladung von 5° noch einmal so grofs zu als bei einer Ladung von 15°. Man sieht hieraus, dafs der innern Glasfläche angehäufte und verdichtete E. sich n einem gleich günstigen Verhältnisse für die Entladung n mufs.

Man kann eine Flasche ohne alle Explosion und ganz erkbar entladen, wenn man sie eben so stark mit der ent- gesetzten E. von derjenigen ladet, durch welche sie ihre ngliche Ladung erhalten hat. Ist z. B. eine Flasche am

---

1 G. I. 277.

positiven Leiter durch eine bestimmte Anzahl von Umdrehun der Elektrisirmaschine bis zu einem bestimmten Grade Spannung geladen worden, und wird sie dann mit dem Kno an den Leiter des Reibzeugs gebracht, so wird man nach d selben Anzahl von Umdrehungen alle Ladung der Flasche auf hoben finden, und bei fortgesetzter Bewegung der Masch wird sie dann negativ geladen. Man begreift indeſs leicht, es bei der wirklichen Anstellung des Versuchs schwierig genau den Punct zu treffen, wo die negative Ladung die hergegangene positive gerade aufgehoben hat, da das Ke zeichen der Aufhebung aller Spannung unsicher ist, sofern gewöhnlichen Ladungselektrometer die schwächeren Gr Spannung, womit bei gröſseren Flaschen noch eine sehr Ladung bestehen kann, nicht mehr anzeigen.

g. Die Ladung einer Flasche läſst sich unter mehrere and vertheilen, wenn man nach vorher veranstalteter guter leiten Verbindung ihrer äuſseren Belegungen unter einander ihre in ren Belegungen durch einen isolirt gehaltenen Leiter, z. B. du den an einem isolirenden Handgriffe gehaltenen Auslader, dem Knopfe der geladenen Flasche in Verbindung bringt. kann auf diese Art die Capacität jeder Batterie mit der Capa irgend einer Ladungsplatte von bestimmter Dicke eines bestim ten Glases von einer bestimmten Gröſse der Belegung verglei chen, oder genau auffinden, wie viel mal mehr E. jene diese enthält, wenn sie beide an einem und demselben Le zugleich und also zu derselben Spannung geladen wurden. bestimmte z. B. Cavendish in seinen lehrreichen Versuchen einem künstlichen Zitterrochen die Capacität einer jeden R von 7 Flaschen, von denen 7 Reihen seine ganze Batterie machten, $15\frac{1}{4}$ mal so groſs, als diejenige einer Platte von K glas von der Dicke von 0,055 eines englischen Zolles und Quadratzoll Belegung. Man nehme an, eine Flasche oder terie sey so weit geladen, bis die Kugeln eines beliebigen deelektrometers (es sey nun ein Adams'sches oder irgend anderes mit zwei gehörig aufgehängten Kugeln, deren Ab an einem Gradbogen genau gemessen werden kann) bis zu ner gegebenen Entfernung von einander abstehen, so läſst leicht finden, wie weit sie von einander abstehen würden, die Menge von E. in der Flasche oder Batterie auf die H reducirt würde. Zu diesem Behuf nehme man zwei Flasc

der an Gestalt, Gröſse der Belegung und Dicke des gleich als möglich sind, und lade die eine so weit, bis ln zu einer bestimmten Entfernung von einander abste- le ihre E. der andern mit und beobachte bis zu wel- ernung die Kugeln nach dieser Mittheilung von ein- tehen. Es ist klar, daſs, wenn die Flaschen einander en gleich sind, dieses gerade die gesuchte Entfernung de, weil in diesem Falle die rückständige Quantität der ersten Flasche nach geschehener Mittheilung ge- so groſs wie zuvor seyn wird. Da man aber nicht kann, daſs die beiden Flaschen einander ganz genau nd, so wiederholt man den Versuch, indem man nach- weite Flasche eben so stark wie zuvor die erste ladet, mit der ersten theilt, und abermals beobachtet, wie Kugeln von einander abstehen, wo dann das Mittel eiden Entfernungen unstreitig der Grad der gesuchten ng seyn wird, wenn auch die beiden Flaschen nicht von Gröſse waren. Will man nun nach CAVENDISH's Bei- e Capacität einer solchen Reihe von Flaschen verglei- veise mit jener oder irgend einer beliebigen Ladungs- die gleichsam zur Einheit dient, bestimmen, so ladet selbe, bis die Kugeln des Elektrometers jene erste Ent- zeigen, und theilt ihre Ladung wiederholt jener Platte bei man Sorge tragen muſs, die Platte jedesmal zuvor nen entladen zu haben, ehe man eine neue Mittheilung it, bis man aus dem Abstande der Kugeln des Elektro- vahrnimmt, daſs die Ladung der Batterie auf die Hälfte ist. Gesetzt man habe diese Mittheilung zwischen 11 mal, oder nach ungefährer Schätzung $11\frac{1}{4}$ mal nehmen so läſst sich die Quantität von E. in jener Reihe von so finden. Die Quantität der E. in der Platte verhalte derjenigen in der Reihe von Flaschen $= x : 1$, so ist uchtend, daſs die Quantität der E. in der Batterie bei je- ger Communication mit der Platte in dem Verhältnisse $(1 + x)$ vermindert, und folglich nach $11\frac{1}{4}$ maliger Com- ion in dem Verhältnisse von $1 : (1 + x)^{11,25}$ reducirt seyn

Demnach ist $(1 + x)^{11,25} = 2$ und $1 + x = 2^{\frac{1}{11,25}}$, wor- Werth von x durch Logarithmen leicht gefunden wird. chterer Weg der Berechnung, der für den dabei beab-

Digitized by Google

sichtigten Gebrauch ein hinlänglich genaues Resultat giebt folgender: Man multiplicire die Zahl, wie oftmals man die E. Batterie der Platte mittheilte, mit 1,444 und ziehe von dem Prod den Bruch $\frac{4}{9}$ ab, der Rest ist $= \frac{1}{x}$, oder die Zahl, um viel mal die E. in der Batterie die der Platte übertrifft.

h. So wie man die Ladung einer Flasche unter mel durch die Entladung theilen kann, so kann man auch die schen wechselseitig vollkommen durch einander entladen. W man zwei so viel möglich gleich grofse Flaschen gleich stark laden hat, doch mit entgegengesetzter E. ihrer inneren Bele gen, indem man den Knopf der einen mit dem ersten Le den Knopf der andern mit dem Leiter des Reibzeugs in Verbi setzte, und man führt nun, nach vorgängiger leitender Verbi der äufseren Belegungen unter einander, den isolirten Auslader Knopfe der einen zum Knopfe des andern, so wird in der nöthi Schlagweite eine Entladung mit der gewöhnlichen Explosion finden, und beide Flaschen werden zugleich entladen seyn, u achtet bei keiner derselben eine leitende Verbindung von inneren zur äufseren Seite statt gefunden hat. Würde man sen Versuch auf dieselbe Weise bei denselben Flaschen, bei gleichartiger Ladung der gleichnamigen Belegungen mac so würde man keine Entladung erhalten, die aber sogleich finden wird, wenn auch bei vollkommener Isolirung beider schen eine leitende Verbindung durch den Auslader zwis dem Knopfe der einen Flasche und der äufseren Belegung andern, und zugleich auch zwischen dem Knopfe dieser teren und der äufseren Belegung der ersten gemacht wird.

i. Die leitende Verbindung zwischen beiden Seiten der sche, der Verbindungskreis, braucht eben nicht aus einem zigen ununterbrochenen Leiter zu bestehen. Man kann ihn lang machen und mancherlei Körper hinein bringen, ja Nichtleiter, wenn nur die Ladung stark genug ist, um den derstand, welchen diese leisten, zu überwinden. Es lassen überhaupt auf das Verhalten der E. bei diesem Streben Ausgleichung zwischen den el. Zuständen beider Belegung Beziehung auf einander und ihre Gegensätze in den umgeb den Leitern alle die Gesetze anwenden, die in dem Arti *Blitz* für die Ausgleichung der E. der Gewitterwolke mit ih relativen Gegensatze auf dem Erdboden aufgestellt worden s wobei diejenige Seite, von welcher die Ladung ausgegangen

Digitized by Google

velcher die freie el. Spannung auftritt, als das Analogon itterwolke selbst zu betrachten ist. Der Schlag nimmt der Entladung der Flasche, wie bei derjenigen der Gelke, stets den Weg durch die besten Leiter, durch die em wenigsten Widerstande zu seinem Ziele der Ausg gelangt. Sind daher mehrere Verbindungen vorhanvertheilt er sich selten unter alle, sondern zieht z. B. lische oder die durch feuchte Körper gehende vor, zun sie zugleich die kürzeste ist. Vor mehreren Jahren ıan zu Paris[1] die Beobachtung gemacht haben, dafs rch einen Kreis von mehreren Personen nach der oben ıngegebenen Weise der Schlag geleitet wird, die Fortlurch impotente Personen, wenn sie sich in dem Kreise , aufgehalten werde, allein Versuche, welche der Graf mit Castraten der Oper anstellen liefs, haben den Unıervon gezeigt. Uebrigens hat man selten Beispiele von ı, welche zwar den el. Schlag durch sich hindurch auf Personen überleiteten, aber selbst ganz unempfindlich aren[2].

ıtt einer Reihe von Personen kann man eine grofse Ausg von Metalldraht, das Wasser eines Flusses, oder eigen Strich des Erdreichs zu einem Theile der Verbinwischen den beiden Belegungen machen. Dahin gehönkler's Versuch im Apel'schen Garten zu Leipzig den 1746[3], wobei drei Flaschen in der Pleifse standen, entladen wurden, wenn man die Verbindungskette dreien weit davon ebenfalls in den Flufs hing, und das anıde an den mit den Flaschen verbundenen Conductor , Le Monnier's Versuche in Paris[4], der die Erschütlurch einen Draht von 12000 Pariser Fufs, wobei wir die Angabe der nähern Umstände des *ersten* Versuchs en, und in einem andern Falle über die Oberfläche des Bassins in den Tuilerien leitete, vor allen aber die Verwelche Watson in Gesellschaft mit mehreren Mitgliedern ıiglichen Gesellschaft zu London im Jahre 1747 und 1748

Sigaud de la Fond Précis historique et expérimental des ènes électriques. Paris 1781. 8. p. 285.
G. XIV. 143.
Priestley's Geschichte der E. S. 59.
Ph. Tr. Vol. XLIV. P. I. p. 290.
ld.

anstellte[1]. Erst wurde die Erschütterung quer über die Them dann durch die Windungen eines Flusses, dann durch eine V bindung von vier englischen Meilen, nämlich zwei Me Draht und zwei Meilen trockenen Erdboden, endlich am 5. gust 1748 durch eine Strecke Draht von 12276 Fufs oder m als $2\frac{1}{4}$ englische Meilen geleitet. Diese beiden letzten Versu waren besonders interessant, da sie nach der Art, wie sie gestellt wurden, die aufserordentliche und, so weit bis die Versuche gehen, instantane Schnelligkeit der Fortleit der E. in das hellste Licht setzen[2]. In dem Versuche, in v chem der trockene Grund mit in die Verbindung aufgenom war, wurde der eine mit dem äufsern Belege der Flasche dem sie ladenden Conductor verbundene Draht, eine Meile bis zu dem einen Beobachter, und der andere Draht, an v chem sich ein kurzer eiserner Stab befand, mit welchem di Berührung des Drahtes der Flasche die Entladung gemacht wu zum andern Beobachter geleitet, welche selbst auf Harzkuc isolirt mit der einen Hand jeder das Ende des Drahtes anfafs und mit einem eisernen Stabe in der andern Hand den Bo berührten, der in einer Strecke von zwei englischen Meilen kürzeste Entfernung zwischen ihnen bildete. Die beiden Dr waren blofs durch trockene hölzerne Stäbe getragen, der Draht ging selbst über Hecken und an Bäumen vorbei, zwischen beiden Beobachtern befindliche Grund war zum T steinig und bei dem damals warmen Sommerwetter sehr trock In dem Augenblicke da die Entladung erfolgte, so weit bei Entfernung der Beobachter vom Orte der Entladung dieses annäherungsweise bis auf weniger als $\frac{1}{2}$ Secunde mit Sicher ausmitteln liefs, fühlten auch die beiden Beobachter die st Erschütterung, doch derjenige, dessen Draht in mehrfache leitender Berührung sich befand, weniger heftig. Der l Versuch[3] war aber ganz entscheidend für eine instantane F leitung durch eine Strecke von mehr als 6000 Fufs. Hier wu nämlich der eine Draht an das äufsere Beleg befestigt, und einem an das Zimmer, in welchem der Versuch gemacht wu

1 Ph. Tr. Vol. XLV. for 1748. p. 49. auch Priestley's Geschi der E. S. 71 f.

2 Vgl. auch den Artikel: *Elektricität.*

3 Ph. Tr. Vol. XLV. p. 85 u. 491.

Digitized by Google

enden Felde durch trockene Holzstäbe unterstützt, hin er und mit seinem Ende in das Zimmer zurückgeführt, in änge von mehr als einer englischen Meile, eben so der Draht, welcher durch Berührung des Drahtes der Flaie Entladung bewirkte, und der Beobachter selbst, welch im Zimmer neben der Maschine befand, faſste mit beiden Händen die beiden Enden der Drähte. In dem licke der Entladung wurde auch die Erschütterung von beiden Armen und durch die Brust empfunden — daempfand er nichts, wenn die beiden Drähte mit einander leichte Berührung gebracht wurden und er wie zuvor hte mit beiden Händen anfaſste, eben so wenig, wenn das Ende des einen Drahtes in der Hand hielt, in welalle sich die Flasche auf eine andere Weise entlud, und war die Erschütterung ganz dieselbe und ging gleichch nur durch die beiden Arme und die Brust, und nicht die Füſse, wenn der Beobachter auſserhalb vor dem Fenf dem feuchten Grunde stand, und übrigens auf gleiche die Enden der beiden Drähte in seinen Händen hielt. en[1] bemerkt nach einer kurzen Anführung der Versuche on's: „Es hat aber Volta[2] durch Versuche erwiesen, i groſsen Verbindungskreisen die E. nicht in einem unochenen Strome durch den ganzen Kreis geht, daſs vielde Seite ihren besondern Strom erregt und ihre E. den n Leitern abgiebt. Dem zufolge entstand in jenen freir täuschenden Versuchen des Dr. Watson der el. Schlag m Ende für sich und ohne Zusammenhang mit dem anide, wobei das Unbegreifliche dabei auf einmal verlet." Wir müssen dagegen erinnern, daſs auch bei Anler Richtigkeit der Volta'schen Behauptung das Unbegreifvas ohne Zweifel in der Schnelligkeit der Fortpflanzung dem Beschränktbleiben auf einem so bestimmten Weg oll, dasselbe bleibt. Volta[3] stützt sich zum Erweise ehauptung auf eine nähere Betrachtung und Erörterung

———

Vörterbuch II. 297.

lozier Journal de Physique 1779.

puscoli scelti sulle science e sulle Arti. Milano 1778. p. 4 u. 5. übers. in Alex. Volta's Schriften über E. u. Galv. Nasse. Halle 1803. S. 67 — 77.

des Vorgangs bei der Entladung einer Leidner Flasche du einen Kreis z. B. von mehreren Personen, wovon die eine einem Ende der Reihe, die wir mit O bezeichnen wollen, äußsere Belegung anfaſst, während die äuſserste am and Ende, A den Knopf berührt. VOLTA, die Sprache der Fra lin'schen Theorie gebrauchend, bemerkt nun, daſs in dem ben untheilbaren Augenblicke, in welchem in die Person A dem Kopfe E. überzuströmen anfängt, auch aus O gleichz E. in die äuſsere Belegung übergehe, und zwar auf Unko der eigenen E. von O, weil in demselben Augenblicke, die Spannung auf der innern Belegung auch nur durch Ent hung des kleinsten Quantums von E. durch den berühr Finger abnimmt, auch die äuſsere Seite sogleich in wirkl Negativität gegen die umgebenden Körper auftritt, welche also von ihrer Seite wieder positiv gegen sie verhalten und lich von ihrer eigenen E. ihr abgeben müssen. Diesen Ve wird O von der Person, die zunächst mit ihr verbunden ist, setzen, und so wird diese, vermöge dieser Mittheilung, gle falls einen Schlag empfinden, eben so wird sich der Strom A auf die mit ihr zunächst verbundene Person B verbreiten, diese demnach gleichfalls den Schlag empfinden, und so w und von A aus von beiden Seiten nach der Mitte hin. Es ist eben so einleuchtend, daſs so wie O E. an die innere B gung abgegeben hat, es seinen Verlust nicht bloſs aus der n sten Person, sondern auch aus dem Erdboden ersetzen w weswegen dann aus der zunächst angrenzenden Person w weniger in O übergehen muſs, als aus O in die äuſsere B und so verhältniſsmäſsig im Fortgange nach der Mitte zu ab mend. Eben so wird die aus dem Knopfe ausströmende E. auch noch andern Leitern mittheilen, mit denen A in Ve dung steht, und nicht bloſs in die nächste Person über Damit stimmen nun die Erscheinungen bei der Mittheilung ner Erschütterung an einen Kreis von mehreren Personen gut überein, nämlich daſs, abgesehen von der subjectiv schiedenen Empfindlichkeit für den Schlag, die stärkste schütterung von den an den beiden äuſsersten Enden bef chen Personen und nach der Mitte zu stufenweise schwä empfunden wird, was nach beiden Theorieen Schwieri machen würde, wenn bloſs die Ausgleichung innerhalb nächsten Verbindungskreises erfolgte. Auch der Umstand,

n Falle alle Personen zugleich in den Fuſsgelenken eine
rung empfinden, beweiset die Ausgleichung der E.
elegungen nach allen Seiten bei einem mehr ausge-
Leiter, wo die Ausdehnung dieses Leiters selbst als
ernifs wirkt. So gegründet nun auch diese Bemerkun-
und für sich sind, so bleibt es doch keinem Zweifel
fen, daſs in den oben angeführten Versuchen Wat-
ne Leitung der E., wie man sich dieselbe auch vor-
vill, worüber die Theorie erst das Nähere anzugeben
die Beobachtung wenigstens in einem untheilbaren Au-
e und instantan von beiden Seiten durch eine Länge
igstens 6000 Fuſs sich erstreckt habe, weil der Beob-
welcher sich wirklich in dieser Entfernung befand, da
nden der beiden Drähte hielt, in dem Augenblicke der
ng auch die Erschütterung empfand. Auch ergiebt sich
Prüfung dieser Versuche, daſs, wenn der Verbindungs-
i so guten Leitern, wie die Metalle sind, besteht, und die
ler E. die nach Ausgleichung strebt, nicht so ansehnlich
Leitung von einer Belegung zur andern, oder die Aus-
ng selbst bei so groſsen Strecken so gut wie ausschlie-
n einem solchen Kreise geschieht, und nicht davon ab-
selbst wenn die Isolirung des Drahtes nicht vollkom-
. Nur dann, wenn die Isolirung sehr unvollkommen
d der Ausgleichung dadurch Nebenwege eröffnet sind,
nn bei wenig ausgedehnter Leitung die Menge der sich
henden E. sehr ansehnlich ist, erstreckt sich die Aus-
g und die davon abhängige Erschütterung auch noch
n nächsten Kreis von Leitern von einer Belegung zur
inaus. So empfindet man bei der Entladung einer sehr
Flasche, noch mehr einer Batterie, selbst durch einen
r von dickem Messingdrahte, den man in der Hand
ine leichte Erschütterung in dieser. Daher kommt es
daſs, wenn man eine Kette mit der äuſsern Seite einer
en Flasche verbindet, und diese auf die gewöhnliche
durch den Auslader entladet, diese Kette, die doch kein
lbares Glied der leitenden Verbindung zwischen den bei-
legen ausmacht, dennoch im Dunkeln leuchtet, d. h.
zwischen ihren Gliedern zeigt, ja selbst dann, wenn
h nicht unmittelbar in Berührung mit der äuſsern Seite
asche, sondern nur nahe dabei befindet, in welchem

Falle man im Augenblicke des Ausladens einen Funken zwisc der Flasche und dem nächsten Ende der Kette sehen wird.

k. Dieser sogenannte seitwärts gehende Schlag, wie: die zuletzt erwähnte Erscheinung bezeichnet, hat aber noc einer andern Form, unter welcher man ihn darstellen kann, nen Grund in dem Umstande, daſs wenn sich die E. in ei Leiter ausgleichen, dessen Capacität, verglichen mit derjen der Flasche, nicht überwiegend ist, die Ausgleichung r Null E. giebt, sondern sich stets ein Ueberschuſs von E. der Beschaffenheit der E. derjenigen Seite, von welcher Ladung ausging, zeigt. Man setze eine geladene Flasche den Tisch, isolire einen starken metallenen Stab und stelle so, daſs er mit einem Ende die äuſsere Belegung der Fl berührt, und richte ungefähr einen halben Zoll weit von nem andern Ende einen Körper auf, der etwa 6 oder 7 lang und wenige Zoll breit ist. Man lege ferner eine Kette den Tisch, so daſs das eine Ende derselben etwa 1½ Z. der Belegung der Flasche absteht, befestige das andere End den einen Knopf des Ausladers und entlade dann durch An herung des andern Knopfes die Flasche. In dem Augenbl der Entladung wird sich zwischen dem isolirten Stabe ein ker Funken zeigen, der aber den el. Zustand dieses Kör nicht verändert. Aus diesem letzteren Umstande zog ma sonderbaren Schluſs, daſs dieser seitwärts gehende Funke der Belegung der Flasche komme und in demselben Augenbl wieder in sie zurückkehre. Indessen hat CUTHBERTSON[1] eine Reihe zweckmäſsig angestellter Versuche das Irrige d Ansicht hinlänglich nachgewiesen. Er hat zur genauen U suchung dieses Phänomens eine eigene Vorrichtung ange mittelst welcher er durch jenen seitwärts gehenden Funke kleine Flasche ladete, und zwar wurde sie positiv gel wenn die gröſsere Flasche inwendig positiv, negativ hing wenn dieselbe inwendig negativ geladen war. Auch zeigt der Schlag stärker, wenn mit der innern Belegung ein I von mehr Oberfläche verbunden wurde, z. B. wenn man gröſsere Flasche statt des Knopfes mit einer groſsen metal Kugel versah. CUTHBERTSON leitete diese Ladung durch

1 Abhandlung von der Elektricität 5te Forts. S. 203.

ärts gehenden Schlag richtig von jenem Ueberschufs von
ler — E ab, welches die freie Spannung bildet.

l. Durch Nichtleiter geht die Erschütterung nicht, sie e denn stark genug seyn, sie mit Gewalt zu durchbrechen, i allezeit ein Funke entsteht. Wenn daher die Verbindung i eine Reihe nicht ganz zusammenhängender, sondern nahe nander stehender leitender Körper gemacht wird, so ent- zwischen jedem Paare dieser Körper ein Funke, weil . die Luft daselbst durchbrechen mufs. Hierauf gründen llerlei Spielwerke, von denen schon im Artikel: *Elektri-* bei Gelegenheit des el. Eunkens im Allgemeinen die Rede sen ist. NOLLET ist der Erfinder hiervon, SIGAUD DE LA [1], GÜYOT[2] u. a. haben die dabei zu beobachtenden Vor- umständlich angegeben. Das Wesentliche hiervon wird zur Genüge aus der Abbildung des sogenannten Kometen eines Sterns mit langem sich allmälig erweiterndem Schweife Fig. 57. men können. Die ganzen Linien c, c, c, ... stellen höchst Streifen von Stanniol dar, die auf eine lange, verhältnifs- g schmälere, Glastafel, oder wenn man eine gröfsere ge beabsichtigt, auf zwei oder mehrere durch einen Rahmen inander gefügte Glastafeln mit Hausenblase geklebt sind, mit einem feinen Federmesser an den gehörigen Stellen so schnitten sind, dafs die Zusammenstellung der dadurch leten Unterbrechungen auf dem Glase die beabsichtigte Fi- ines Kometen darstellt, zu welchem Behufe begreiflich die Stanniolstreifen selbst schon auf eine passende Weise auf- en seyn müssen, wie die Figur selbst deutlich genug zeigt. die Zwischenräume mit einem Kreuze bezeichnet sind, bildet ie Figur des Sterns; die einfachen Streifen e, e, e, mit denen rizontalen Linien durchschnitten sind, bilden zusammen chweif. Das Ganze wird mit Firnifs überzogen. Indem ntladung in einem untheilbaren Augenblicke durch alle Zwischenräume in Form von kleinen Funken hindurch- t, werden sie auf einmal erleuchtet, und stellen einen eckigen Stern mit einem sich nach unten mehr und mehr ernden Schweife dar, den man nach Belieben auf 2, 3

Geschichte der medic. und physik. E. von Kühn. 1ster Theil. g 1783. gr. 8. S. 240.

Physik. und mathem. Belustigungen Th. IV. S. 301—310.

und mehrere Fuſs verlängern kann. Die Hauptsache hierb besteht darin, daſs auf dem Wege durch die ganze Länge jen Stanniolleitung nirgend eine Stelle sich finde, wo der el. Fun ken durch Ueberspringen auf dem geradesten und kürzeste Wege weniger Widerstand finde, als auf dem langen Umweg die Summe mehrerer kleiner Zwischenräume Hemmung ent gegengesetzt, daſs also z. B. in jenem Kometen n von m noc hinlänglich entfernt sey, um mehr Widerstand zu leisten, a in der Summe der kleinen Zwischenräume, deren Zahl in de mitgetheilten Schema 14 beträgt, liegt, die zur Hervorbringun der Figur eines Sterns erforderlich sind. Es lassen sich a Stanniоltafeln, welche auf Glasplatten aufgeklebt sind, durch einfache Vorrichtungen in gleichen Zwischenräumen sehr schm Streifen ausschneiden, so daſs von der Stannioltafel nur schmale einander parallele Streifen, zwischen denen eben so schmale durch jenes Ausschneiden von ihrem Stanniol befreite Glas streifen sich befinden, zurückbleiben, die man an ihren beide Enden durch kleine Stückchen Stanniol mit einander verbinde um durch die ganze Länge aller Stanniolstreifen eine ununter brochene Leitung zu haben, worauf man dann mit einem fei nen Federmesser beliebige Schnitte durch die Stanniolstreifen macht, die in ihrer Zusammenstellung jede Art von Gestalt, ei nen Namen, ein Portrait, eine Blume, ein Gebäude, Land schaft u. s. w. darstellen können, und bei der Entladung eine Flasche im Dunkeln das verlangte Bild im schönsten Brillant feuer erscheinen machen. Indeſs ist zu allen diesen Versuche auch der Funke aus dem ersten Leiter einer kräftigen Elektri sirmaschine hinreichend.

m. *Die Selbstentladung* einer Flasche beruht ebenfalls a einem solchen Durchbruche durch Nichtleiter. Sie gesch auf doppelte Art: auf die eine Art längs dem unbelegten Rand der Flasche mit einem starken, gewöhnlich geschlängelt Funken, der am Glase seine deutliche Spur zurückläſst, inde dasselbe in der ganzen Richtung des Funkens seinen Gla verloren hat, so daſs die Gestalt des Funkens in einer wie n Fluſsspathsäure in das Glas eingeprägten Zeichnung erkennb ist. Gewöhnlich geht dieser Selbstentladung ein wiederhol Leuchten und Blitzen im Innern der Flasche an dem obe Rande der Belegung voran. Die andere Art der Selbstentladu ist mit einem Durchbruche durch das Glas verbunden. Dies

ichter bei dünnem Glase statt, besonders wenn die
dabei sehr groſs oder mit mehreren andern zu einer
verbunden sind. Durchgängig bemerkt man, daſs das
sehr feines Loch hat, um welches auf beiden Seiten
e des Glases in einem Umkreise von einer oder zwei
n Durchmesser gleichsam zerrieben ist, wie wenn vom
es Glases aus nach beiden Seiten eine mechanisch auf-
e Kraft gewirkt hätte, und von diesem Mittelpuncte
örung gehen dann gewöhnlich noch längere Risse nach
lenen Richtungen aus. Wenn groſse Batterien entladen
so findet man oft einige von den Flaschen zerbrochen,
lie Gewalt des Schlages zersprengt hat. Um dieses zu
rn, schreibt Nairne die Regel vor, daſs niemals eine
durch einen guten Leiter entladen werde, ohne den
s Ueberganges wenigstens 5 Fuſs lang zu machen. Seit
bachtung dieser Regel will Nairne eine sehr groſse
gegen hundertmal entladen haben, ohne eine einzige
zu zerbrechen, da doch vorher beständig einige zer-
ı waren [1]. Die Länge des Weges scheint hierbei durch
ıderung der Stärke des Schlags zu wirken, da der Wi-
d mit der Länge wächst und daher auch die Ausgleichung
o schnell vor sich geht, und die Erschütterung dadurch
r wird.

Wenn der Verbindungskreis durch unvollkommene Lei-
. durch Stücke trockenen Holzes, durch inwendig ange-
te Glasröhren u. dgl. unterbrochen wird, so entstehen
ı anhaltend schneidende Funken oder Büschel, die nicht
tern, aber an dem Theile des Leibes, wo sie eindringen,
ichst widrige Empfindung verursachen. Wolf [2] hat diese
r Entladung zuerst angewandt, um mit Batterien von
n und kleinen Flaschen Schieſspulver zu entzünden.
wird in eine kleine fingerhutartige Büchse von Elfenbein
Buchsbaum geschüttet, in welche seitwärts Drähte ge-
bt sind, die in dem Schieſspulver etwa eine halbe Linie
inander abstehen, und in den Entladungskreis, von wel-
diese Vorrichtung einen Theil ausmacht, wird mittelst

Cavallo I. 170.

Magazin für das Neueste aus der Physik u. s. w. v. Lichten-
II. Bd. 2tes St. S. 70.

metallener Häkchen, die sie an beiden Händen hat und die m[an] am bequemsten durch Körke in ihr befestigt, eine Glasröh[re] gebracht, deren Wände überall durch ein paar Tropfen Wa[sser] befeuchtet sind. Viele Jahre später sind diese Versuche als g[anz] neu von den Engländern LEUTHWEITE [1] und WOODWA[RD] [2] bekannt gemacht, und durch einige neue Erfahrungen ver-mehrt worden. Das Merkwürdige in diesen Versuchen ist, d[afs] derselbe Schlag einer grofsen Flasche oder Batterie, wenn die-selbe durch blofs metallene Leiter entladen wird, das Schiefs-pulver blofs zerstreut, ohne es zu entzünden. Die von LEUTH-WEITE gebrauchte Flasche hatte einen Quadratfufs Belegung und entlud sich von selbst, wenn das Quadrantenelektrometer auf 90° zeigte. Die angewandte Glasröhre war 6 Zoll lang und hatte 0,3 Zoll im Durchmesser. Sie war mit zwei Kork-stöpseln geschlossen, durch welche Drähte gingen. a. War die Röhre mit Wasser gefüllt, so entzündete sich das Schiefs-pulver bei 60° Ladung der Flasche, nicht aber bei einer schwä-chern. b. Bei der Füllung der Röhre mit Schwefeläther er-folgte die Entzündung nicht eher als bei 60°, bei der Anfüllung mit Alkohol aber schon bei 30°. c. War endlich die Röhre mit Schwefelsäure oder Salzsäure gefüllt, so erfolgte die Entzün-dung nie, auch wenn die Flasche bis auf 80° geladen war. WOODWARD bemerkte, dafs eben so wenig Entzündung des Schiefspulvers zu bewirken war, wenn die Leitung durch den thierischen Körper ging, oder durch Wasser, das nicht in Röh-ren eingeschlossen war, und er erklärt sich dieses letztere dar-aus, dafs das Wasser uneingeschlossen in Röhren dem Durch-gange der E. keinen hinlänglichen Widerstand leiste. Indessen mufs diese Behauptung beschränkt werden, da, wie mich ei-gene Versuche belehrt haben, und SCHWEIGGER gleichfalls ge-funden hat, die Entzündung gleichfalls öfters gelingt, wenn die metallische Leitung durch einen nafs gemachten Strick un-terbrochen wird [3]. Diese Versuche über die Entzündung des

1 Journal of Science, Litter. and the Arts 1821. XXII. S. und daraus in Schweigg. J. N. R. XIV. 121. und G. LXIX. 372.

2 Annals of Philosophy 1820. S. 283. und in Schweigg. J. N. R. XIV. 121. Vgl. Sturgeon in Phil. Mag. LXIII. 445.

3 Nach MUNCKE Anfangsgründe der Naturlehre S. 264 erfolgt die Entzündung durch einen im Leitungskreise befindlichen nassen Bindfaden unfehlbar.

Digitized by Google

efspulvers unter den angegebenen Umständen sind übrigens üglich geeignet, das Leitungsvermögen verschiedener Flüsiten vergleichungsweise zu bestimmen, in welcher Rückich auf dieselben unter dem Artikel: *Leiter* wieder zurücknen werde.

Es lassen sich mit der Leidner Flasche ungemein viele bende und unterhaltende Versuche anstellen. Verzeichnisse Beschreibungen derselben findet man bei Cavallo [1], ms [2], Donndorf [3], Cuthbertson [4], Maingosus Gälle [5], er [6], u. a. Die stärksten Wirkungen erfolgen aber, wenn ere Flaschen mit einander verbunden, und zusammen ent- werden [7]. Von den merkwürdigsten Wirkungen des Entngsschlages werde ich unter dem Artikel: *Schlag, elektri-r* noch ausführlich handeln, und nur am Ende dieses Artidiejenigen Versuche einer näheren Erörterung unterwerfen, he man für vorzüglich entscheidend für die streitige Frage, den elektrischen Erscheinungen nur eine oder zwei el. Man (el. Erregungen) zum Grunde liegen, angesehen hat.

III. Geschichte des Leidner Versuchs.

Schon der Engländer Stephan Gray fühlte im Jahre 1735, er sich mit Ausziehung elektrischer Funken aus dem Wasbeschäftigte, die Erschütterung der verstärkten E. [8]. Da er die Bemerkung nicht weiter verfolgt hat, so kann man ihn t als den Erfinder dieses merkwürdigen Versuches ansehen. Die Ehre, eine so wichtige Entdeckung gemacht zu haben, alle Naturforscher in Erstaunen setzte, und dem Studium

---

Vollst. Abh. der Lehre von der E. Leipzig 1797. 1ster Band Theil, 7tes u. 12tes Kap.

Versuch über die Elektricität a. d. E. Leipzig 1785. p. 8. Kapitel.

Lehre von der E. I. Bd. S. 344 f. II. Bd. Kap. 19. S. 825.

J. Cuthbertson vollst. Abh. der theor. und prakt. Lehre von E. a. d. E. von Baumann. Leipzig 1797. 2ter Bd. gr. 8.

Beiträge zur Erweiterung und Vervollkommung der Elektricihre. Salzb. 1813. 2 Vol. 8.

G. J. Singer Elemente der Elektricität und Elektrochemie. rs. von C. H. Müller. Berlin 1819. 5tes Kap. S. 62 f.

7 S. *Batterie, elektrische.*

8 Ph. Tr. No. 436. J. D. Tilius de electrici experimenti Lugdunenaventore primo. Witteb. 1771. 4.

der E. ein neues Leben gab, gehört unstreitig einem deutsch-
Prälaten, v. Kleist, Dechanten des Domcapitels zu Camin
Pommern, welcher am 11ten Oct. 1745 die verstärkte E. sel
entdeckte, am 4ten November darauf dem Dr. Lieberkühn
Berlin, am 28. Nov. dem Prediger Swierlick in Danzig
bald darauf dem Professor Krüger in Halle Nachricht da
gab, welche der erste der Berliner Akademie der Wissensch
ten, der zweite der Danziger naturforschenden Gesellschaft m
theilte, und der dritte[1] schon 1746 drucken liefs. Diese N
richten enthalten Folgendes. „Wenn ein Nagel oder sta
messingener Draht in ein kleines Arzneyglas gesteckt und el
trisirt wird, so erfolgen besonders starke Wirkungen. D
Gläschen mufs recht trocken oder warm seyn. Man kan
vorher mit Kreide reiben. Thut man ein wenig Quecksil
oder Wasser hinein, so geht alles noch besser von statten. S
bald das Gläschen von der elektrischen Röhre weggenom
wird, so äufsert sich der leuchtende Strahlenbüschel, und
kann mit dieser brennenden Maschine über 60 Schritte weit
Zimmer herumgehen. Wird während dem Elektrisiren der F
ger oder ein Stück Geld an den Nagel gehalten, so ist der
ausfahrende Schlag so stark, dafs Arme und Achseln davo
schüttert werden. Eine isolirte Röhre läfst sich dadurch
stärker elektrisiren, als unmittelbar durch die Kugel. Wi
Conductor elektrisirt, der im Gläschen befindliche Nagel d
gehalten, und mit dem Elektrisiren fortgefahren, so sollte
kaum glauben, in welche Stärke die Elektricität gesetzt w
Ist das Gläschen niedrig, dafs sich die Finger in der gehör
Weite befinden, so schlägt der Funke von selbst aus dem
gel auf den Finger zu. Dünnhälsige Gläser sind ein pa
durch den heftigen Schlag zersprengt worden" u. s. w.
sieht, dafs hierbei das Glas wirklich geladen war, wob
hineingegossene Wasser oder Quecksilber die innnre, die
gelegte Hand aber die äufsere Belegung ausmachte. Man
mühte sich in Danzig den Versuch nachzuahmen, und Ge
lath war der erste, dem er gelang, jedoch erst, nach er
tener ausführlicher Anweisung durch v. Kleist, welche 17
öffentlich bekannt gemacht wurde.

---

1 Krüger's Geschichte der Erde. Halle 1746. 8. S. 177 f.

2 Abh. der naturf. Gesellschaft in Danzig Th. I. 1747. 4. S.

Anfang des Jahres 1746 schrieb Musschenbroek aus
an Réaumür, er sey auf einen schrecklichen Versuch
, mit einer Erschütterung, der er sich nicht für die
rankreichs zum zweitenmal aussetzen möchte; Alla-
ebenfalls Professor in Leiden, wiederholte dieses in
riefe an Nollet, und im Februar auch in einem eige-
satze[1]. Der Abt Nollet nannte daher die Entdeckung
dner Versuch, welchen Namen sie auch behalten hat,
leich weit richtiger der *Kleist'sche Versuch* heifst. Man
Frankreich an, Musschenbroek für den Erfinder zu
als Allamand noch im Jahre 1746 sowohl an Nollet
ralath meldete, die erste Entdeckung gehöre eigent-
em angesehenen Privatmanne Cunaeus zu, der schon
fälliger Weise darauf gekommen sey. Es ist nicht
einlich, dafs dieser Mann etwas von der Entdeckung
tschen Prälaten gewufst habe; inzwischen bleibt diesem
unstreitig das Verdienst der ersten Erfindung und Be-
achung.

usschenbroek erzählt, er und sein Freund hätten dar-
dacht, elektrisirte Körper, weil sie an der Luft die Elek-
bald verlören, zu isoliren, und hätten daher Wasser in
en Flaschen durch einen mit der Maschine communiciren-
aht elektrisirt. Dabei habe er, als er eine solche Flasche
einen Hand gehalten, und mit der andern Hand den
on der Maschine habe losmachen wollen, einen schreck-
Schlag in seinen Armen und der Brust bekommen, den
bei wiederholtem Versuche ebenfalls empfunden hätten,
n dessen Wirkung auf den Körper sie fürchterliche Be-
ungen machen.

iese Nachrichten erregten ein unbeschreibliches Aufsehen
achten die E. zum Gegenstande der allgemeinen Unter-
. Der Kreis der Erfahrungen über die Leidner Flasche
rte sich eben darum so schnell, weil in allen Gegenden
ysiker sich damit beschäftigten. Gralath in Danzig
ner der ersten, welcher der Erfindung etwas Bedeutendes
e. Er vertauschte Gläschen, Nagel und Weingeist mit
gröfsern Flasche, einem Drahte mit der Kugel und mit
r, zeigte schon den 20. April 1746 einen Verbindungs-

---

[1] Mém. de l'Acad. des Sciences 1746. p. 2.

Digitized by Google

kreis von 20 Personen, erfand die Batterie, und entdeckte Unmöglichkeit zersprungene Flaschen zu laden, desgleichen sogenannten Ueberrest der Ladung. Winkler in Leip dem die Erschütterung sehr empfindlich gewesen war, und cher sogar ein hitziges Fieber davon zu erhalten gefürc hatte[1], erfand eine Veranstaltung, eine unvollkommene Art Lane'schem Ausladeelektrometer, die Explosion von ferne beobachten, und stellte die eben angeführten Versuche an, bei ein Theil der Pleiſse in die Verbindung gebracht ward. meisten Experimente aber hat Dr. Watson in den Ja 1746, 1747 u. 1748[2] hinzugefügt. Er fand, daſs die St des Schlags nicht von der Menge der Materie (des Wassers Schrots) in der Flasche, sondern bloſs von der Gröſse der che, die sie berührt, abhänge, und daſs dasselbe auch für äuſsere Fläche in Beziehung auf die sie anfassende Hand g welches dem Dr. Bewis die Veranlassung gab, die Beleg mit Zinnfolie (er nahm zuerst Bleiplatten) zu erfinden, auch mals schon Silberblättchen sowohl zur Belegung von Flas als von Glasplatten zu gebrauchen[3]. Er gab zuerst eine Er rung des räthselhaften Phänomens der Ladung, und ord 1747 und 1748 die in's Groſse gehenden Versuche über Verbindungskreise und die Geschwindigkeit des Schlages Wilson[4] tauchte die Flaschen auch von auſsen in Wa entdeckte das wahre Verhältniſs der Stärke des Schlags, n wahr, daſs derselbe den Weg wähle, bei dem er am we sten Widerstand antrifft, bemerkte die Lateralexplosion u. s

In Frankreich stellte der Abt Nollet die ersten Vers an, entdeckte zufällig, daſs eine luftleere Flasche alle Die einer belegten leiste, machte Verbindungskreise von 180 Pe nen, die sich mit eisernen Drähten verbanden und einen kreis von 900 Toisen bildeten, und tödtete zuerst Th durch den Schlag. Le Monnier fand, daſs die Ladung

---

1 An Extract of a Letter etc. in Ph. Tr. Vol. XLIV. P. I. 2

2 Vorzüglich in einem den 30. Oct. 1746 vorgelesenen und i Tr. Vol. XLIV. P. II. p. 704. abgedruckten Aufsatze, so wie durc umständliche Beschreibung der Versuche über die Durchleitung Erschütterungsschlages durch groſse Strecken in Ph. Tr. Vol. p. 49—98.

3 Ph. Tr. Vol. XLV. p. 104.

4 Ebend. Vol. IL. L. LI.

Digitized by Google

ang (bei kaltem Wetter 36 Stunden) in den Flaschen bleibe, that sich noch vor Dr. Watson durch Versuche mit lan- Verbindungskreisen hervor.

In England sowohl als in Frankreich hatte man schon wahr- mmen, dafs isolirte Flaschen nicht geladen werden konn- und dafs die Belegung geladener Flaschen leichte Körper anzog, wenn man den Draht berührte, hingegen die- n abstiefs, wenn man den Finger an die Belegung te. Diese Versuche hätten darauf führen können, dafs Elektricitäten beider Seiten entgegengesetzt sind; al- man übersah dieses, und bildete sich ein, das elektri- Fluidum ströme aus der Hand, oder den Leitern, die die he von aufsen berührten, durch das Glas hindurch in die re Belegung. Indem also die Erklärung der Leidner Fla- den europäischen Naturforschern ein Geheimnifs blieb, ver- tete sich auf einmal ein unerwartetes Licht darüber durch Briefe des Dr. Franklin in Philadelphia[1], wovon der im Jahr 1747 erschien, und an Peter Collinson gerich- war. Dieser scharfsinnige Naturforscher war durch die Er- inungen, welche sich zeigen, wenn eine auf einem hskuchen isolirte Person eine Glasröhre reibt, und eine re gleichfalls isolirte die Glasröhre berührt und nachher Personen entweder eine dritte nicht isolirte oder sich un- inander berühren, bewogen worden, die beiden el. Zu- le des Glases und Reibzeuges als Ueberflufs und Mangel der entgegen zu setzen und durch den Namen der positi- und negativen E. zu unterscheiden[2]. Da er nun bei sei- Versuchen mit der Leidner Flasche gewahr wurde, dafs an Seide hängende Korkkugel von der äufsern Belegung ogen werde, wenn sie nach vorhergegangener Berührung it der innern Seite verbundenen Drahtes von diesem ab- sen wird, und dafs man durch den hierauf gegründeten ch mit der el. Spinne die Flasche entladen oder die E. der Seite in die andere überführen könne, so folgte aus sei- o wohl überdachten Grundsätzen von selbst, dafs bei der g die E. beider Seiten einander entgegengesetzt seyn müfs-

---

New exper. and observ. etc. in several letters to M. Collinson. 1751. 4.

S. den Art. *Elektricität.*

ten. Diese Entdeckung liefs ihn tiefe Blicke in das Geheim-
der Leidner Flasche thun, und ob er gleich bei seiner The-
noch vieles Willkürliche hinzufügen mufste, so erklärte d-
dieselbe alle damals bekannten Erscheinungen so deutlich, d-
sie den entschiedensten Beifall der meisten seiner Zeitgeno-
erhielt. Dr. Watson scheint der einzige gewesen zu se-
der unabhängig von Franklin aus ähnlichen Versuchen über
Verhalten des Reibzeuges und der Glaskugel beim Reiben u-
verschiedenen Umständen gleiche Schlüsse auf ein Abgeben
E. von dem Reibzeuge an die Glaskugel, und einen damit
tretenden relativen Mangel in jenem zog, doch ist die Anwend-
die er davon auf die Erklärung der Leidner Flasche m-
nicht klar und bestimmt[1], und namentlich vermochte e-
Rechenschaft davon zu geben, warum zur Entladung eine V-
bindung beider Belegungen durch Leiter der E. erforderlich

Franklin's Theorie führte ihren sinnreichen Erfinder
die Beobachtung vieler neuen Erscheinungen des Ladens, E-
ladens und el. Schlages, die als unmittelbare Corollarien
derselben hervorgingen und zu ihrer Bestätigung dienten,
auf die Erfindung einer zahlreichen Menge von neuen Ve-
chen, so dafs das meiste, was noch jetzt über die Leidner Fl-
sche vorgetragen wird, aus seinen Briefen geschöpft ist,
auf einmal den gröfsten Theil der vorigen Dunkelheit
Lehre zerstreuten. Hierzu kamen noch seine vortre-
Entdeckungen über den Blitz, die Wirkung der Spitzen u.
und die nützlichen Anwendungen derselben durch die Bl-
leiter, die Beobachtungen der Luftelektricität, wovon in
sem Wörterbuche unter besondern Artikeln gehandelt w-
wird. Daher erregten seine Briefe mit Recht eine allg-
Bewunderung; nur einige französische Naturforscher, in-
dere Nollet, widersprachen seiner Theorie, und bezw-
den Nutzen seiner Entdeckungen. J. C. Wilke[2] ber-
diese Lehre im Jahre 1757 durch seine Versuche über d-
dung verschiedener anderer Nichtleiter, besonders aber
Luftschicht. Verschiedene andere neue Versuche über die W-
kungen des el. Schlages und die Erscheinungen des el. L-
welche zum Theil zur Bestätigung des Franklin'schen S-

---

1 Ph. Tr. Vol. XLV. for 1748. p. 93.

2 Schwed. Abh. 20ter Bd. S. 241.

: Entladung stets aus der positiven Seite in die negative
lienen sollten, verdankt man in der nämlichen Zeit dem
ECCARIA. Besonders klärte aber das von WILKE [1] und
s [2] entdeckte Gesetz der elektrischen Wirkungskreise
orie der Leidner Flasche noch mehr auf, und WILKE
avon Gelegenheit, alles was bei der Ladung sowohl in
iflächen als in den Belegungen vorgeht, genauer zu un-
n [3], wozu er sich eines passenden Apparats aus einer
te bediente, deren Belegungen von derselben im iso-
ıstande abgezogen werden konnten. Diese Untersuchun-
elche in der Hauptsache auch die Erfindung des Elektro-
nthielten, leiteten WILKE damals auf die Vermuthung,
:h die Phänomene der Ladung aus der Hypothese von
Materien, die er Feuer und Säure nannte, besser als
LIN's erklären liefsen, welcher Gedanke durch die neuen
ıungen noch mehr bestätigt worden ist.

›LTA, einem standhaften Anhänger der Franklin'schen
e, gebührt vorzüglich das Verdienst, die Erscheinungen
dung unter einen allgemeinen Gesichtspunct mit den ver-
:n Erscheinungen des Elektrophors und Condensators ge-
und das so umfassende Gesetz, dafs ein elektrisirter
, wenn er den Zustand eines andern Körpers, der in
Wirkungskreis kommt, verändert, dadurch selbst eine
erung leidet, und darin so lange beharret, bis der an-
örper aus seinem Wirkungskreise entfernt wird, in das
Licht gesetzt und auf die Erklärung der mannigfaltigsten
nungen glücklich angewandt zu haben [4]. In Deutsch-
t LICHTENBERG [5] die Erklärung der Haupterscheinungen
dner Flasche nach unbezweifelt erwiesenen Gesetzen der
grofser Klarheit und durch Bezeichnung der positiven E.

J. C. Wilke diss. de electric. contrariis. Rostock 1757.
Tentamen theoriae Electricitatis et Magnetismi. Petropoli
k.

Schwed. Abh. 1762. S. 213 u. 253.
Vorzüglich in der Abhandlung über den grofsen Vortheil ei-
r unvollkommenen Isolirung in dessen Schriften übersetzt von
S. 95 f. auch in Ph. Tr. für 1782. p. I. und in Roz. Journ. de
ie Tome XXII. und XXIII.
In der 8ten Ausgabe von Erxleben's Anfangsgründen der Natur-
Göttingen 1794.

Digitized by Google

mit +, und der negativen mit — so vorgetragen, daſs sie sich mit der *Franklin'schen* sowohl als der *Symmer'schen* Theorie von zwei Materien gleich gut in Uebereinstimmung bringen läſst. Der neuesten Zeit war es endlich vorbehalten, auch manche Erscheinungen der Leidner Flasche dem genaueren mathematischen Calcüle zu unterwerfen, und dieses Verdienst hat sich vorzüglich Biot[1] erworben.

Auſser den angeführten Physikern haben noch mehrere andere, insbesondere Cavallo, Henly, Nairne, Lord Mahon, Adams, Cuthbertson, Nicholson, van Marum, Sigaud de la Fond, Singer u. a. diese Lehre theils durch interessante Versuche theils durch Apparate bereichert, indeſs ist davon entweder schon die Rede gewesen, oder sind diese Bereicherungen nicht von der Wichtigkeit, um sie, ohne zu weitläufig zu werden, noch besonders hervorzuheben.

IV. Theorie der Leidner Flasche.

Die unerwartete Entdeckung des Leidner Versuchs setzte die Naturforscher in nicht geringe Verlegenheit. Sie zeigte die Nichtigkeit aller vorhergegangenen Theorien der E., und stellte eine Erscheinung dar, die kein Physiker, vermöge der damals gangbaren Ansichten, hätte voraussagen können. Inzwischen versuchte Nollet sogleich[2] seine Hypothese der gleichzeitigen Aus- und Zuflüsse[3] darauf anzuwenden. Er erklärte demnach die Erschütterung aus dem heftigen und doppelten Stoſse der durch das Zusammentreffen der el. Ströme im menschlichen Körper u. s. w. entstehe, wenn die Ausflüsse aus dem Knopfe und der Belegung den Zuflüssen aus den beiden Händen des Experimentators begegnen. Das Gefäſs müsse von Glas seyn, damit der Draht nicht gleich bei der Berührung der äuſsern Fläche seine E. durch einen einfachen Funken verliere. Er behauptete schlechterdings, es könne auch eine isolirte Flasche geladen werden, denn seine Hypothese enthielt keinen Grund, warum es unmöglich seyn sollte. Er leugnete beim Entladen die Nothwendigkeit beide Seiten zu verbinden, und sah überhaupt

1 Traité de Physique expérimentale et mathématique Tom. p. 382.

2 Mém. de l'acad. royale des Sciences. Année 1745. Pag. 1.

3 Vgl. *Elektricität*.

blofs für Ueberfüllung mit el. Materie an, ohne die ngesetzten E. zu unterscheiden. Die ferneren Entdeckunllten das gänzlich Ungenügende dieser Theorie bald in lste Licht. NOLLET hat sie indefs mit einer fast unhen Hartnäckigkeit vertheidigt, und allen seinen Scharffgeboten, um die Schwierigkeiten zu heben, die ihm :r neu erfundene Versuch entgegenstellte.

el glücklicher war FRANKLIN's Theorie in der Erklärung lner Versuchs, und gerade der Umstand, dafs sie sich Vollkommenste an alle Erscheinungen desselben ante, und dafs eine Menge von Versuchen, deren Erfolg ıäfs zum Voraus bestimmt worden war, diesen Erfolg ıuch so gaben; trug am meisten zu dem grofsen Beifalle n dieselbe allgemein fand, und bis auf den heutigen Tag :hreren Physikern noch findet. Der Hauptgedanke in Theorie ist, dafs die beiden Belege einer geladenen Leidsche sich in einem Gegensatze von Ueberflufs und Manfinden, die im Verhältnisse gegen einander stehen, und ei der Entladung die Ausgleichung des Mangels durch den flufs den natürlichen el. Zustand wieder herstelle. Die g einer Flasche besteht demnach in der Anhäufung der E. r mit dem positiven Conductor in Verbindung stehenden welche aber nur unter der Bedingung erfolgen könne, e äufsere Seite ihren natürlichen Antheil an E. abgeben wodurch ein verhältnifsmäfsiger Mangel in ihr eintrete. wischen den beiden Belegungen befindliche Nichtleiter e sich hierbei zwar als undurchdringlich für die E., hinber nicht ihre Atmosphärenwirkung durch sich hindurch, ge welcher die E. auf der äufsern Belegung zurückgetrieerde, sich in den allgemeinen Behältern verbreite und den l zur Folge habe. Könne sich daher die Flasche ihrer E. r äufsern Seite nicht entledigen, wie in dem Falle, wenn lirt ist, so könne sie auch nicht geladen werden. Umt finde aber auch keine Ladung statt, wenn die Maschine lirtem Reibzeuge keine E. in das Innere der Flasche zukönne. Als besonders entscheidende Beweise für seine ie sah FRANKLIN die Versuche an, dafs eine Flasche sich sam durch ihr eigenes el. Fluidum lade, wenn man den II. f. beschriebenen Versuch anstellt, in welchem Falle s der äufsern Belegung abfliefsende E. durch das Reibzeug

Digitized by Google

bei der Bewegung der Elektrisirmaschine der inneren Belegun zugeführt werde, ferner die Ladung einer Reihe von Flasch an einander, wo die aus der äufsern Seite der einen Flasc ausströmende E. sich auf der innern Seite der folgenden anhä und durch die von ihr zurückgetriebene E. der äufsern Se der zweiten Flasche die dritte Flasche u. s. f. lade. Die Gren der Ladung einer Flasche war dieser Theorie gemäfs durch d Menge des natürlichen Antheils von E. im Glase selbst bestimn mit dessen gänzlicher Austreibung auch keine weitere Anhä fung auf der innern Seite erfolgen könne. So richtig nun durch FRANKLIN die wahre Beschaffenheit der Leidner Fl in Rücksicht auf das entgegengesetzte Verhalten beider B gungen erkannt, so sinnreich der Zusammenhang der La mit den verschiedenen Bedingungen, unter denen sie erfol bestimmt, und so genügend die Entladung durch die Ausgl chung des Mangels der einen Seite durch den Ueberfluſs der andern Seite her erklärt ward, so war die Theorie, wie von FRANKLIN selbst[1] vorgetragen wurde, noch weit entf das Wesen und die Bedingungen der Ladungen mit völl Strenge aus einem einfachen Principe zu erklären, sie st gleichsam nur erst eine gröbere Analyse des ganzen Vorg der Ladung und Entladung dar, und es mufste erst eine f Einsicht in die Lehre von den el. Wirkungskreisen und Vertheilung gewonnen werden, die wir vorzüglich den wic gen Entdeckungen VOLTA's[2] verdanken, ehe die feinere A lyse gegeben werden konnte. Ich theile diese vorzüglich n HAUY's und BIOT's Darstellung mit, lege dabei die dualisti Theorie zum Grunde, wie sie unter dem Artikel Elektricit ihren Hauptumrissen vorgetragen worden ist, bediene aber der Zeichen + und — für die positive und negative E tricität und der Worte Binden und Freilassen bei den Wi gen der Vertheilung, weil sich diese Sprache auch rückwär die Franklin'sche Theorie leicht übersetzen läfst, indem d die nachfolgende Darstellung nur die Fundamentalgesetze d Vorganges festgehalten werden, mit welchen jede Theori Uebereinstimmung seyn mufs, wenn sie nicht ohne Weit verworfen werden soll.

1 S. Benj. Franklin's Briefe von der Elektricität. Aus Englischen übersetzt von J. C. Wilke. Leipzig 1758. 8.

2 S. *Condensator* und *Elektrophor*.

Digitized by Google

s bezeichne D einen Theil des Conductors der Maschine, sey die eine to, sx die andere Belegung, und z die wodurch diese Belegung mit dem Erdboden verbunden er Vorgang der Ladung besteht nun allezeit darin, daſs on dem Conductor aus, durch welchen die Ladung bevird, sich nach der Belegung, welche mit diesem Converbunden ist, hinbewegt, sich daselbst anhäuft, und entgegengesetzten Seite nach den allgemeinen el. Gelie gleichnamige zurücktreibt und die entgegengesetzte sich zieht, ohne sich jedoch wegen der Undurchdringdes Glases mit ihr verbinden zu können. Das Nähere Vorganges ergiebt sich nun durch nachfolgende Analyse. ein Theilchen von + E (bei vorausgesetzter positiver) was durch die Kette in irgend einem Zeitpuncte der entweicht, N sey das Quantum von — E, das in dieigenblicke der Oberfläche ox und P dasjenige von + E, Oberfläche in angehört, das Theilchen p′, während es h die Repulsion von P nachgiebt, ist durch die Anzievon N sollicitirt, welche dasselbe zurück zu halten strebt, enn die Repulsion von P das Uebergewicht hat, so muſs antität P, da dasselbe überdies aus gröſserer Entfernung hältniſs der Glasesdicke wirkt, während N in unmittelBerührung mit p′ steht, oder das + mehr betragen als N ie Quantität des —. Andererseits streben die Theilchen, das Fluidum N ausmachen, sich wegen ihrer Repulsivu fliehen. Diese Kraft ist aber durch die von P gebuner durch die Anziehung des P zum N aufgehoben, indem eilchen von P durch die Zahl das ersetzen, was sie von der Entfernung einbüſsen. Die Theilchen von P sind alls durch ihre Repulsivkraft sollicitirt, sich zu fliehen zerstreuen, und diese Kraft kann durch die Anziehung nicht ganz überwältigt werden, dessen Quantum geringer d das aus einer gröſseren Entfernung wirkt, als die Re-, von der hier die Rede ist. Es muſs also ein Uebervon P da seyn, der nur durch den Widerstand der Luft gehalten wird, und der die freie Spannung auf derjenigen bildet, von welcher die Ladung ausgeht. Man kann sich orstellen, daſs das P auf der einen Seite aus einer Portion tehe, welche längs in durch die Anziehung von N gen und zurückgehalten ist, und aus einer andern Portion

Digitized by Google

U, dessen Theilchen kein anderes Hindernifs für die Wirkung ihrer wechselseitigen Repulsion finden, als den Widerstand der Luft, und welche durch das Elektrometer angezeigt werden. Das Quantum U wird immer geringer seyn als N, weil es trotz der Entfernung, welche durch die Dicke des Glases gegeben ist, doch durch N vollkommen neutralisirt und gebunden wird. Wenn man fortfährt durch den Leiter D E. zuzuführen, so wird die Quantität des $+$E, um welches P zunimmt, die Zersetzung oder Vertheilung eines neuen Antheils des natürlichen Fluidums oder des 0 E., das in o x und den damit verbundenen Körpern vorhanden ist, bestimmen, aber zugleich wird die Anziehung von N, das an Menge zugenommen hat, in Beziehung auf jedes neue Theilchen p′, das zu entweichen strebt, zunehmen, wodurch dann nothwendig erfordert wird, daſs die Quantität u von $+$E, die dasjenige, was die Wirksamkeit von $+$E wegen der Entfernung einbüfst, zu ersetzen hat, ihrerseits wieder zunehme, und es wird endlich ein Zeitpunct eintreten, wo die Portion u von $+$E gerade so viel Kraft erlangt haben wird, als erforderlich ist, um dem Widerstande der Luft vollkommen das Gleichgewicht zu halten. Ueber diesen Zeitpunct hinaus werden alle neue Theilchen von $+$E, welche der Conductor D nach und nach liefert, allmälig entweichen (Ausströmen der Flasche) d. h. die Glasplatte, oder statt deren die Ladungsflasche wird sich auf ihrem Sättigungspuncte befinden, denn alsdann kann kein neuer Antheil von 0 E in den mit o x verbundenen Körpern zersetzt, kein p′ mehr zurückgetrieben, und kein n′ angezogen werden, weil eben so stark als die Kraft von P wirken würde, um ein Theilchen $+$E, welches aus der Verbindung treten sollte, zurückzutreiben, eben so stark die Anziehung von N die auf Zurückhaltung des Theilchens gerichtet ist, entgegenwirken würde. Nimmt man in diesem Zustande die Kette ab und berührt die Oberfläche o x, so verändert sich nichts, weil im Wesentlichen alles beim Alten geblieben ist, bringt man dagegen den Finger gegen die Oberfläche i n, so findet nicht weiter ein Gleichgewicht statt, weil dann nichts der Wirkung der Portion u des auf dieser Oberfläche befindlichen Fluidums das Gleichgewicht hält, die nur durch den Widerstand der Luft zurückgehalten ist. Sie wird also in den Finger als ein stechender Funke übergehen, wie ihn ein gewöhnlicher Conductor von gleicher Oberfläche

chem die freie E. dieselbe Spannung hätte, geben würde, : freie Spannung auf dieser Seite wird gänzlich aufhören. Die ı U hingegen wird fortdauernd durch die Anziehung des ms N in i n zurückgehalten werden, und das Gleichge- wird zwischen den el. Kräften in Beziehung auf die ver- :nen Puncte dieser Oberfläche i n hergestellt seyn. Es ber auf der Oberfläche o x eine Störung erlitten haben, ie Portion des negativen Fluidums, welche durch die An- g von u zurückgehalten war, die der Finger wegnahm, hro nur noch durch die umgebende Luft zurückgehalten Die Oberfläche o x wird daher jetzt freie Spannung zeigen inen Funken geben. So wie man diesen entzogen hat, ıbermals auf der Oberfläche i n sich freie Spannung zeigen n, weil das P auf derselben, welches durch das N nur ülfe der durch den Finger entzogenen Portion vollkommen ıden war, nicht mehr gänzlich im Gleichgewicht gehalten olglich ein verhältnifsmäfsiger Theil abermals nur durch Viderstand der Luft zurückgehalten wird, und an den ge- rten Finger wieder einen Funken giebt, durch welches ab- ıselnde Funkennehmen von den beiden Belegungen man gemäfs III. c. die Platte oder Flasche allmälig entladen kann. Das Gesetz dieser allmäligen Entladung läfst sich nach [1] auf folgende Weise bestimmen. Es drücke in dem Au- licke, da die Zuleitungskette und der Conductor von den n Belegungen der Platte weggenommen worden sind und ch auf der einen Seite, wenn die Ladung vom positiven uctor aus erfolgt ist, mehr + E, als auf der andern Seite sich befindet, 1 : m das Verhältnifs von E : e aus, indem nen eigentlichen Bruch, kleiner als 1, bezeichnet und gewisse Function von der Dicke der Glasplatte oder über- t des belegten Nichtleiters seyn wird. Die Proportion = 1 : m kann man auch durch die Gleichung m E — e = 0 :ellen. Berührt man nun die Belegung i n mit dem Finger, erliert diese, wie schon bemerkt, einen Theil ihres + E, dagegen wird ein Theil von — e in o x frei, wodurch das Verhältnifs von e zu E gerade umkehrt, und so t es bei jeder wechselsweise erfolgenden Berührung der

1 Traité de Physique expérimentale et mathématique Tome II. 382 f.

Digitized by Google

beiden Belegungen. Nennt man daher die Menge der E und nach den verschiedenen Berührungen in

in	und	ox
E		e
E'		e'
E''		e''

so erhält man folgende Gleichungen und Proportionen

$mE - e = 0$ $\qquad E : e = 1 : m$

$E' - me = 0$ $\qquad e : E' = 1 : m$

$mE' - e' = 0$ $\qquad E' : e' = 1 : m$

$E'' - me' = 0$ $\qquad e' : E'' = 1 : m$

$mE'' - e'' = 0$ $\qquad E'' : e'' = 1 : m$

woraus ferner folgt

$E' = m^2 E$ $\qquad e' = m^2 e = m^3 E$

$E'' = m^2 E' = m^4 E$ $\qquad e'' = m^2 e' = m^5 E.$

$E - E' = (1 - m^2) E$ $\qquad e - e' = (1 - m^2) e = (1-m^2)$

$E'' - E' = (1 - m^2) E = (1 - m^2) m^2 E;$ $e'' - e' = (1 - m^2) e' = (1-m^2)$

Die Verluste von E., welche die Belegungen in und abwechselnd durch die Berührung erleiden, bilden also abnehmende geometrische Reihe, deren erstes Glied (1— und deren Exponent m ist.

An diese mathematische Bestimmung schliefst sich telbar eine gleich genaue Bestimmung des Gesetzes der mehrerer Flaschen zugleich an, deren äufsere und inner gungen abwechselnd in leitende Verbindungen gesetzt und auf welches ich unter II. h vorläufig hingewiesen A, B, C, seyen drei belegte Nichtleiter z. B. Glasplatten von cher Dimension und Beschaffenheit, wovon je zwei auf vorerwähnte Art in leitender Verbindung sind, überdies die innere, oder sofern es Glasplatten sind, vordere Bele des ersten Nichtleiters mit dem Conductor der Elektrisirmasc die äufsere oder hintere Belegung der letzten C mit dem in leitender Verbindung. Nach geschehener Ladung findet gende Bedingungen statt:

für A	$mE - e = 0$
für A und B	$-e + E' = 0$
für B	$mE' - e = 0$
für B und C	$-e' + E'' = 0$
für C	$mE'' - e'' = 0$
Daraus folgt	$E' = mE$
	$E'' = mE' = m^2 E$
	$e' = mE' = m^2 E$
	$e'' = mE'' = m^2 e = m^3 E.$

Digitized by Google

ıng der einzelnen Belegungen bildet demnach eine ab-
le geometrische Reihe, deren erstes Glied und deren
ıt m ist.

e Phänomene der Entladung einer Flasche durch den el.
ıach III. a, der Vertheilung der Ladung einer Flasche
. g, der Aufhebung der Ladung durch eine entgegenge-
ach III. f erklären sich von selbst nach der hier aufge-
Theorie.

.ngt man beide Hände auf einmal an die äufsere und in-
legung, so fallen alle die Effecte, die bei der allmäligen
.ng successiv waren, gleichsam in einem Augenblicke
ıen. Hierbei mufs man sich vorstellen, dafs das + E
n 0 der Leiter, welche den Verbindungskreis bilden — E
und + E zurücktreibt, und gegentheils das — E der
ngesetzten Belegung + E oder 0 anzieht, und — E zu-
ibt, die dann ihrer Seits wieder 0 zersetzen, so dafs
am in abwechselnden Zonen diese Ausgleichung des +
- von beiden Seiten erfolgt, welches man gewöhnlich den
rom oder, bei der Annahme zweier Materien, die el.
e nennt. Dafs indefs auch bei dieser aus dem Gesetze der
eilung von selbst sich als nothwendig ergebenden Art der
eichung doch eine wirkliche Durchströmung eines Theils
der Flasche selbst gebunden gewesenen und in der Ent-
ng frei werdenden + und — durch die Leiter, welche
erbindung zwischen den beiden Belegen bilden, statt finde,
t sich daraus, dafs einerseits das + andererseits das —
ersetzung des 0 nur durch seine überwiegende Quantität
ken kann und also in dem ganzen Fortgange durch den
ndungskreis ein jedoch fortdauernd abnehmender Antheil
reiem + und — der Flasche selbst sich finden mufs, bis
sich selbst unter einander ausgeglichen haben. Auch läfst
h bei einer sehr grofsen Geschwindigkeit der Bildung durch
ollkommensten Leiter, wie die Metalle sind, recht wohl
en, dafs es zu einer solchen Bildung von abwechselnden
n gar nicht einmal kommt.

Dafs bei der Entladung durch einen isolirten Auslader kein
ommenes Gleichgewicht hergestellt wird, sondern stets ein
eil der E. derjenigen Seite, von welcher die Ladung aus-
, im Ueberschusse sich zeigt, folgt nothwendig daraus, dafs
ganze Quantum der $\pm$ E. auf dieser Seite mehr beträgt als

das ∓ E, welches durch ersteres auf der entgegengesetzten Sei vollkommen gebunden gehalten wurde, und folglich, man das + der einen Seite mit dem ∓ der andern Seite sich unmittelbar oder nur mittelbar durch ∓, welches von dem ± der andern Seite aus dem 0 frei gemacht wird, ausgleichen lasse immer ein Theil + ohne ihm entsprechendes ∓ frei bleiben wi

Die Art, wie die Stärke der Ladung von allen Umständ abhängt, die auf dieselbe den Versuchen zufolge, Einfluſs ha ben, leuchtet ebenfalls ein. Je dünner das Glas der Flas oder Ladungsplatte ist, um so stärker muſs sie sich unter üb gens gleichen Umständen laden. Denn einerseits wirkt das + Fig. 68. der Seite i n mit mehr Energie auf das der entgegengesetzten Seite im Verhältnisse der geringeren Entfernung der beiden Fl chen von einander, andererseits wird das — der Fläche o da es in gröſserer Menge da ist, im Stande seyn durch sein Anziehung eine gröſsere Menge des + auf der Seite ilp zu rückzuhalten, wovon die Folge ist, daſs der Sättigungsp später eintreten wird, als wenn das Glas dicker wäre. Eben werden bei geringerer Glasesdicke die Quantitäten des + und − weniger von einander abweichen, oder was auf eins hinaus kommt, die Quantität u, die dasjenige ersetzt, was die E des + auf der Seite i n l p in Hinsicht auf die Entfernung ve liert, und die überhaupt eine Function der Glasesdicke ist, w im Verhältniſs des U kleiner seyn, weil die Entfernung se vermindert ist, und also bei gleicher Quantität u die Summe u + U oder die Ladung im Ganzen um so gröſser ausfallen, de gestalt daſs die Quantität u Null seyn wird, wenn man die D des Glases verschwindend annimmt. Doch versteht es sich v selbst, daſs in der Praxis eine gewisse Dünnheit nicht üb schritten werden darf, weil sonst der Widerstand gegen Drang der E., die sich zu vereinigen streben, zu klein und vor Eintritt des Maximums der Ladung ein Durchbruch erfo würde. Ob die Capacität einer Flasche oder Glasplatte bei gl cher Gröſse der Belegung sich umgekehrt wie die Glasesdi verhalte, wie Cavendish [1] gefunden haben will, verdient in deſs eine neue Prüfung. Da die Quantität, bis zu welcher u zu nehmen kann, eine Function der Dichtigkeit der Luft ist, i dem diese in dem Verhältnisse ihrer Dichtigkeit Widerst

1 Phil. Trans. Vol. LXVI. p. 196.

ıd bei gröſserer Dichtigkeit einer gröſseren Menge das wicht hält, unter übrigens gleichen Umständen aber die ler Ladung sich nach der Quantität des u richtet, so selbe Flasche in dichterer Luft sich stärker laden lassen, lünnerer, und im vollkommen leeren Raume kann eben eine Ladung statt finden.

n übersieht leicht, daſs sich alles was beim *Condensator plicator* über die Ladung derselben, über ihre Capaci- enacität, angeführt wurde, ohne weiteres auch auf ungsplatte und Flasche anwenden läſst und daſs der Con- r selbst nichts anderes als ein Ladungsapparat mit einer innen Schicht eines Nichtleiters, so wie umgekehrt die splatte ein Condensator mit einer viel gröſseren Dicke htleiters ist. Bei jenem ist das U im Verhältniſs gegen bei weitem beträchtlicher, oder seine Capacität ist bei r Oberfläche im Verhältniſs der gröſseren Dünnheit der ıden Schicht bei weitem gröſser, aber das u darf nur ei- hr schwachen Grad erreichen, und daher kann die Ladung weiter getrieben werden, weil über diesen schwachen Grad s eine Entladung durch die dünne Schicht von Firniſs die Luftschicht erfolgt; bei der Ladungsplatte beträgt das Verhältnisse des u viel weniger, aber das u erreicht einen l höheren Grad, je stärker der Widerstand der isolirenden ıt ist, welcher eben deswegen nicht zu geringe seyn darf, die ganze Ladung auf einen ohne Vergleich viel höheren getrieben werden kann.

Der Rückstand der Ladung III. e erklärt sich daraus, daſs las nicht absolut, sondern nur relativ undurchdringlich für . Fluidum ist. So wie die Ladung zunimmt, wird ohne el mehr und mehr das el. Fluidum durch die Repulsivkraft Theilchen in das Glas hineingepreſst, da sein Drang vor- h einwärts gegen das auf der anderen Seite angehäufte gengesetzte Fluidum gerichtet ist. Im Augenblicke der er- Entladung gleicht sich nur dasjenige Fluidum mit seinem nsatze aus, das sich im verdichteten Zustande zunächst an Oberfläche des Glases befindet, da wegen der Hemmung, he das Glas der Fortleitung entgegensetzt, das mehr nach In- befindliche nicht schnell genug hinzuströmen kann. Da aber die repulsive Kraft, welche diesen Theil vorher noch värts drängte, durch die Entladung selbst entfernt ist, so

Digitized by Google

zieht er sich mit dem Grade freier Expansivkraft, die ihm
kommt, und die vorher im Gleichgewichte gehalten war,
mälig nach aufsen, und giebt zu einer zweiten Entladung
anlassung, da auch hier mit einem u′ ein U′ im Verhält
steht, und man begreift leicht, dafs bei grofser Capacität
bei sehr geringer Spannung noch hinlänglicher Vorrath für
dritte und vierte Entladung vorhanden seyn kann. Dafs die
von der Belegung auf das Glas selbst übergehe, kann nach
unter II. m angeführten Erscheinungen nicht bezweifelt wer
Dafs das Eindringen derselben in die Substanz des Glases
nur auf die ersten an Dicke gleichsam verschwindenden Sch
ten beziehe, erhellet daraus, dafs nach CAVALLO[1] Gläs
die kaum $\frac{1}{600}$ Zoll dick sind, sich noch sehr gut laden
und ihre Ladung lange Zeit behalten. Unter günstigen Um
den mag indefs doch eine Durchdringung des Glases ohne
hebung seiner Cohäsion statt finden können. CANTON lad
nige sehr dünne Glaskugeln von 1,5 Zoll im Durchmesser,
che ohngefähr 9 Z. lange Röhren hatten, und versiegelte sie
dem Laden hermetisch. Wenn man an diese Kugeln,
sie kalt waren, ein Elektrometer brachte, so zeigten sie
E., wenn man sie aber ein wenig ans Feuer hielt, so
sie stark elektrisch und sie zeigten diejenige Art der E.
ihre innere Seite geladen war. Wurde dieser Versuch
derholt, so verloren diese Glaskugeln bald ihre Kraft,
ruhig unter Wasser aufbewaht behielten sie ihre Kraft
lang. Dieser letztere Umstand scheint zu beweisen,
Wärme nicht etwa das Glas zu einem bessern Leiter der
lenden Wirkung der E. macht, sondern zu einem bessern
ter durch sich selbst hindurch, so dafs die im Innern angeh
E. sich allmälg nach aufsen zieht und zerstreut, denn
auf der äufsern Seite befindliche E. die im Innern angeh
nicht ganz binden könnte, sondern dafs letztere bei diesem
mäligen Durchgange stets mit freier Spannung auftreten
bedarf nach dem obigen keiner weiteren Auseinanderset
Aus der Erhöhung der leitenden Kraft des Glases durch die
wärmung erklärt sich dann auch, wie sich die letzten Sp
der Ladung einer Flasche, nachdem die beiden Belegun
durch einen Auslader längere Zeit in Verbindung geblieben

1 a. a. O. I. Bd. S 295.

schein bringen lassen, wenn man die Flasche erwärmt. uch diese kleinen Reste nicht im Stande sind, die leichütterung zu geben, so kann man sie doch durch die des Condensators sehr merklich machen, wie READ [1] zeigt hat.

starken Wirkungen der geladenen Flaschen in Ertheiliger Erschütterungen, die kräftigen mechanischen und ıen Wirkungen derselben [2] haben nichts auffallendes, nan nur auf die grofse Capacität dieser Flaschen für E. Rücksicht nimmt, und dafs bei einer gegebenen Spanh in dem Verhältnisse dieser Capacität, die von der Geung der El. auf der andern Seite abhängt, weit mehr E. selben Oberfläche befindet, als auf der eines gewöhnleiters, welcher blofs von der Luft umgeben ist. Diese öfsere Quantität mufs, da in der Explosion ihre ganze mkeit sich gleichsam in einen Augenblick concentrirt, m so gröfsere Wirkungen hervorbringen. Richtet man ıstände so ein, dafs auch von den Conductoren der Elekaschine eine verhältnifsmäfsig gleich grofse Quantität in Funken auf einmal zur Wirksamkeit kommt, so kann man esem sogenannten einfachen Funken alle Wirkungen der kten E. nachahmen, wie VOLTA zuerst in das hellste gesetzt hat [3]. Sehr lange und dünne Conductoren, die bei r Oberfläche eine viel gröfsere Capacität als kurze Conen von einem grofsen Durchmesser haben, geben keine dende, sondern ganz dieselben erschütternden Funken, die die Brust dringen wie von kleinen Leidner Flaschen, wenn ıit dem zum feuchten Erdboden oder in einen Brunnen den Ableitungsdrahte in Verbindung steht. Steht man m blofsen Fufsboden von Brettern, und zieht man den n aus einem solchen langen und dünnen Conductor wie ige VOLTA'S, welcher 96 Fufs Länge und nur 6 Linien ırchmesser hatte, so erhält man dieselben kurzen, röthlizischenden und gleichsam fressend nagenden Funken, e man aus dem Leiter erhält, an welchem eine Leidner

---

Summary View of the spontaneous Electricity p. 16.

Vgl. *Batterie* und *Schlag, elektrischer*.

In seiner interessanten Abhandlung über die Capacität der el. u. s. w. Alex. Volta's Schriften u. s. w. v. Dr. Nasse. Halle 1803.

Flasche geladen wird. Volta fand die Capacität jenes Conductors gleich derjenigen einer Flasche oder mäfsig dünnen Glasplatte von 4 Quadratzoll Belegung, und bei gleicher Spannung die Wirkung so gut wie vollkommen übereinstimmend.

Die merkwürdige Erfahrung Cuthbertson's, dafs sich die Flaschen auf einen höhern Grad laden lassen, wenn der innere unbelegte Theil schwach angehäuft wird, und damit einen dünnen Ueberzug von Feuchtigkeit erhält, erklärt sich daraus, dafs sich die E. auch an diesen Theil der Oberfläche hinzieht, ohne jedoch sich hier von einem Puncte aus wegen des Anhaftens an die Glasfläche und der unvollkommenen Leitung dieses Ueberzugs auf einmal entladen zu können, während die Repulsivkraft der hier haftenden E. durch ihre Entgegenwirkung zugleich für Selbstentladung des innern Beleges und des zuführenden Drahtes verhindert, da diese durch ein Hinausstreben der auf denselben verdichteten E. durch ihre Repulsivkraft bedingt ist[1].

Es ist schon oben bemerkt, dafs die bisher mitgetheilte Erklärung, welche zwei gleich reelle el. Materien oder Erregungen voraussetzt, sich leicht auch in die Sprache des *Monoelectricismus* übersetzen lassen. Die Hauptverschiedenheit, die in jeder besondern Erklärung wiederkehrt, reducirt sich darauf, dafs nach der ersten Theorie eine Wechselwirkung und die concurrirende Thätigkeit anziehender und repulsiver Kräfte in Betracht gezogen werden mufs, nach der Theorie *einer* Materie dagegen nur eine *einseitige* Thätigkeit und eine einfache Wirkung einer Repulsivkraft, die sich allenthalben ins Gleichgewicht zu setzen sucht, zu berücksichtigen ist. Gerade aber die Erscheinungen der Leidner Flasche und die sie begleitenden Wirkungen sind von mehreren Physikern als vorzüglich entscheidende Beweise für die Richtigkeit der Franklin'schen Theorie angesehen worden, und man hat sich in dieser Hinsicht besonders auf gewisse Versuche als experimenta crucis berufen. Ehe ich diese einer besondern Erörterung unterwerfe, mögen noch zwei Theorien des Kleist'schen Versuchs hier als am schicklichsten Orte gewürdigt werden, wovon die eine mit der Theorie zweier Materien zwar nahe verwandt ist, doch aber in einigen wesentlichen Puncten von derselben abweicht, die andere dagegen sowohl mit dieser als jeder andern Erklärung

1 Vgl. G. II. 18 f. und bes. die Anm. S. 19.

Digitized by Google

ein el. Fluidum ihrer Constructionen der Phänomene zum legt, im geraden Widerspruche steht.

: eine Erklärung ist von De Luc, der seine Theorie der ı welcher bereits die Grundzüge unter dem Artikel: *ität* mitgetheilt sind, auch auf die Erklärung der Phä- der Ladung angewandt hat. Zur Verdeutlichung nimmt auch hier die Analogie zwischen dem el. Fluidum und sserdämpfen zu Hülfe. Man denke sich eine Glasplatte den Seiten mit Wasser umfaſst, gegen deren eine Seite heiſse Wasserdünste bewegen. So wie diese an die käl- tte kommen, erkalten sie, ihr frei gewordenes Feuer rtleitende Fluidum derselben) verbreitet sich über die 'latte, und das von ihm verlassene Wasser vermehrt das Wasser, womit die Seite A schon vorher bedeckt war. nzugekommene frei gewordene Feuer dringt aber durch splatte auf die Seite B, verstärkt daselbst die Ausdün- ınd vermindert also das Wasser, das B bekleidete. Diese lerungen gehen so lange fort, bis Glasplatte und Wasser emperatur der heiſsen Dünste angenommen haben. Als- hören die Dünste auf, sich bei A zu zersetzen, es geht euer mehr nach B über und die ungleiche Vertheilung des rs in A und B hat ihr Gröſstes erreicht. Weil B weiter :r Quelle der Wärme abliegt, so kann es ein wenig kälter ;eyn und die Dünste können etwas weniger ausdehnende ›ei B haben als bei A.

twas ganz Analoges geschieht bei der Ladung der Kleist'- Flasche. Man darf nur für Dünste Elektricität, für Feuer endes el. Fluidum, für Wasser elektrische Materie setzen, ıt man, warum die eine Seite bis zu einem gewissen Gröſs- Materie verlieren muſs, indem die andere mehr erhält, ı jene nur mit dem Boden verbunden ist, als der Bedin- unter welcher für die Entweichung der E. und in ihr der terie derselbe Fall eintritt, wie für die Abnahme des Was- ıf der Seite B durch Ausdünstung. Am Ende der Ladung ınn A el. Materie gewonnen, B dergleichen verloren, aber :winn im A ist gröſser als der Verlust in B, weil der Hang ›rtleitenden Fluidums von A nach B zu gehen durch die rnung, die das Glas zwischen sie setzt, geschwächt wird. :. in A hat so viel ausdehnende Kraft als die in der Quelle, he die Ladung hervorgebracht hat; die in B so viel als die

Digitized by Google

im Boden, welcher mit A in Verbindung ist; das fortleit Fluidum aber (nach dem Beispiele des Feuers in dem zuers genommenen Falle) hat in der ganzen Flasche an Menge nommen und ist durch A und B fast gleich vertheilt. Den gang der allmäligen Entladung durch Funken, die man abw selnd aus der innern und äuſsern Belegung nimmt, wobei jedesmal bei dem Knopfe oder überhaupt bei der Seite, di dem Conductor in Verbindung gewesen ist, den Anfang m muſs, erklärt diese Theorie auf folgende Weise. B ist mit Boden im Gleichgewichte, also ist die Berührung dav wirksam. A aber giebt so viel E. ab, als der Stärke des den Conductors gemäſs ist, weil es mit diesem gleiche nende Kraft hat. Dadurch geht fortleitendes Fluidum au ganzen Apparate, also auch aus B hinein; dadurch verli an ausdehnender Kraft, und kommt aus dem Gleichgew mit dem Boden. Berührt man nun B, so geht mit einem ken zur Wiederherstellung des Gleichgewichts el. Fluidum dasselbe über, dieses giebt die el. Materie an B ab, sein leitendes Fluidum vertheilt sich aber durch den ganzen App und gelangt also auch durch das Glas hindurch nach A, da durch wieder an ausdehnender Kraft zunimmt, und das Gl gewicht mit dem Boden verliert. Daher kann man nun w einen Funken aus A ziehen u. s. f. So verliert A bei j Funken etwas el. Materie, B bekommt aber bei jedem neu endlich durch Fortsetzung des Verfahrens beide fast gleich haben und die Flasche entladen ist. Die plötzliche Entla ist nichts anders, als eine schnelle Succession eben ders Wirkungen. Die Entladung aber ist nie vollständig, wei el. Materie an die nicht leitende Substanz sich fest anhängt.

So genau auch diese Erklärung sich an die Erschei der Leidner Flasche anschmiegt, und von den wichtigsten dificationen derselben genügende Rechenschaft zu geben sc so stehen ihr doch auſser den Einwürfen, die ich unter de tikel *Elektricität* gegen die Theorie im Allgemeinen geltend macht habe, noch besondere Schwierigkeiten entgegen. müſste nämlich offenbar die Gröſse des unbelegten Rande gleicher Gröſse der Belegungen einen bedeutenden Einfluſs die Ladung haben, da das durch die Zersetzung des el. dums auf der mit dem Conductor in Verbindung stehenden freigewordene fortleitende Fluidum bei einer gröſseren Aus

Digitized by Google

ieses unbelegten Randes sich auf der Oberfläche desselben der Masse des zu demselben gehörigen Gases in verhält-sig gröſserer Menge verbreiten und also der Ver-n el. Materie auf der entgegengesetzten Seite verhältniſs-geringer ausfallen würde, gerade so wie bei einer Glas-lie auf beiden Seiten in der Ausdehnung der Belegungen adungsplatte mit Wasser bedeckt wäre, bei der Zuführ-ner gleichen Menge von Wasserdämpfen die Verdunstung ssers auf der entgegengesetzten Seite bei einer gröſseren nung der Glasplatte geringer ausfallen müſste, weil we-Wärme von den zersetzten Dämpfen dahin gelangen es müſsten sich bei gleicher Glasesdicke und gleicher der Belegung und bei gleichem Zuflusse aus einer Elektri-elle die verschiedensten el. Zustände auf der entgegen-en Seite einfinden können, und die negative Ladung, diglich von der Menge des nach der entgegengesetzten gelangenden fortleitenden Fluidums abhängt, in den ver-ensten Verhältnissen mit der positiven Ladung stehen, a aber nicht die geringste Andeutung in der Erscheinung Da ferner zur Erklärung der plötzlichen Entladung durch ndungen der beiden Belegungen durch einen Leiter ein sam instantanes Durchströmen des fortleitenden Fluidums die ganze Dicke des Glases angenommen werden muſs, so daraus folgen, daſs die Ungleichheit in der ausdehnen-raft auf den beiden Seiten, worauf die freie Spannung der geladenen Seite beruht, und wovon eben die Dicke des die Ursache seyn soll, sich in sehr kurzer Zeit ausglei- und beide Belegungen dann ein Uebergewicht von freier ng in Beziehung auf die im natürlichen Zustande befind-Körper zeigen müſsten, womit aber gleichfalls die Er-g nicht übereinstimmt.

on einer ganz andern Art, als die eben mitgetheilte, ist klärung, welche neuerlich G. F. Pohl[1] im Zusammen-mit einer durchgreifenden dynamischen Darstellung des nismus, Elektricismus, Chemismus und Magnetismus von hänomenen der Ladung gegeben hat, und welche hier rwähnung verdient, da sie sich nicht auf eine bloſse An-

---

Der Proceſs der galvanischen Kette. Berlin 1826. S. 338.

deutung im Allgemeinen beschränkt, sondern in das Einzel der Erscheinungen eingeht, und von manchen Lesern in Deutsc land auf die sogenannten naturphilosophischen Formeln imm noch ein Werth gelegt wird. Ihm zufolge ist die el. Ladu ganz übereinstimmend mit dem Vorgange, welcher statt find wenn ein Element der Ritter'schen Ladungssäule[1] zwischen Pole einer galvanischen Säule eingeschlossen ist. Der Hau leiter soll sich nämlich zwischen dem geriebenen Glase Elektrisirmaschine und dem Glase der Verstärkungsflasche, wie eine zwischen zwei flüssigen Schichten in der Ladungs liegende Metallplatte in zwei Erregungszonen theilen; e nach der Maschine hin positiv bleiben, nach dem Glase hin gativ werden, in gleicher Art soll die Leitung zwischen äufsern Belege und dem Reibzeuge (der kräftigsten Art zu la nach jener hin positiv, nach diesem hin negativ, und zwisc beiden das Glas in der Berührung mit dem innern Belege p tiv, mit dem äufsern negativ erregt seyn. Je mehr die Sp nung in der Erregung beider Belege wächst, und sich reagir zum Ueberschlagen nach der entgegengesetzten Seite hin um so beharrlicher tritt ihr die bindende Erregung des Gl auf seinen beiden Seiten entgegen. So wie aber die Fl den geschlossenen Kreis der Kette verläfst, tritt die Macht Reaction des Metalls gewaltsam hervor, und das Glas ve nicht mehr so vollständig zu fesseln. Es behauptet sich gegen die innere Belegung zu in der positiven Erregung, hält diese auf der inneren ihm zugewandten Seite in der neg ven Erregung fest, aber nach aufsen hin ist jetzt dieselbe legung durch Reaction überwiegend positiv. Eben so ist Glas nach der äufsern Belegung zu negativ, und also ist auf der innern, dem Glase zugekehrten, Fläche positiv, nach aufsen hin ist dieselbe Belegung durch Reaction überwi negativ thätig. Wird in diesem Zustande eine von beiden, wa die innere, isolirt vom Glase aufgehoben, so zeig durchgehends eine positive Erregung, die aber bei weitem mehr so stark erscheint, als sie vorher während der Verbind mit dem Glase war, weil der gröfsere Theil der überwieg reagirenden positiven Thätigkeit in der frei gewordenen ne ven Erregung, die so lange durch die positive Erregung

1 S. *Galvanismus und Säule, Volta'sche.*

Digitized by Google

gebunden wurde, erloschen ist. Bei der Entladung fin-
ine vollkommene Indifferenzirung statt, sondern dieser
ıliesung einer Kette zu vergleichende Vorgang kann nur
löschen der überwiegenden positiven Erregung der in-
elegung in der entgegengesetzten negativen Thätigkeit
seren zur Folge haben, während die negative Erregung
ıern Belegung durch die positive des Glases, so wie die
e der äussern Belegung durch die negative des Glases ge-
ı bleibt. Nach dieser Schliessung ist also das Ganze voll-
n in dem Zustande eines von Beleg zu Beleg geschlosse-
lektrophors. Aber mit dieser ersten ursprünglichen
sung der Flasche geschieht unmittelbar an ihr selbst noch
als eine blosse Indifferenzirung der überwiegenden reagi-
ı Thätigkeiten beider Belegungen, vielmehr tritt das Glas
nd der unmittelbaren Verbindung derselben abermals mit
Neue gereizter Kraft in gesteigerte eigene Erregung der
ıng der beiden Belegungen entgegen, und bindet ausser
ıntheile, der es vorher schon im Widerstreite mit dem mäch-
Drange der Reaction des Metalls gefesselt hielt, auf jeder
noch ein gewisses Quantum der in der Belegung theils vor-
nen, theils neu hervorgerufenen Erregung mehr, welches
ɔ grösser ist, je grösser die Intensität der Thätigkeit des
n, und die sogenannte Ladung ursprünglich war. Un-
bar nach diesem Momente binden sich alsdann, wenn die
sung aufgehoben wird, die entgegengesetzten Erregungen
der Seite vollkommen, und es findet scheinbar das ent-
lenste Gleichgewicht statt. Nach einiger Zeit aber vermag
las dem Drange der Reaction des Metalls mit derselben
ie der Thätigkeit, zu welcher es im Momente der Schlie-
gereizt wurde, nicht ferner mehr das Gleichgewicht zu
ı, es sinkt allmälig wieder auf einen geringern Grad der
ungsthätigkeit herab, und das innere Beleg reagirt aufs
mit positiv, das äussere mit negativ thätiger Erregung,
wie sich von selbst versteht, in schwächerem Grade als
r ursprünglichen Ladung, und diese durch eine zweite
dritte Schliessung nur immer schwächer wieder hervorzu-
de und gleichsam eine neue Ladung darstellende Reaction
t das, was man gewöhnlich den Rückstand der Ladung ge-
t hat, und was bei der gewöhnlichen Deutung als ein bloss
liges (?!) Phänomen erscheint, während es dieser Ansicht

Digitized by Google

zufolge in einem nothwendigen und gesetzmäſsigen Zusammenhange mit der Ladung steht.

So viele neue Kräfte und Wirkungsgesetze als hier postulirt werden, um die Erscheinungen mit einander zu verknüpfen, können nur zugelassen werden, wenn mit strenger Genauigkeit nachgewiesen ist, daſs die bisherigen Erklärungen auf keine Weise zureichen, und daſs eben diese Kräfte ein fruchtbares Erklärungsprincip nicht bloſs für diese abgerissenen Phänomene, sondern für eine groſse Mannigfaltigkeit anderer, theils zu einer Classe mit diesen gehörigen, theils verwandter Erscheinungen abgehen, und daſs dadurch überhaupt unsere Naturansicht mehr Einheit, Consequenz und Schärfe gewinnt. Wie wenig dieses indeſs durch die mitgetheilte dynamische Darstellung geleistet werde, wie sehr alles Maſs dabei auſser Acht gelassen sey, davon werde ich im Artikel: *Galvanismus* Rechenschaft zu geben suchen, in Beziehung auf welchen G. F. Pohl's Erklärung darum Aufmerksamkeit verdient, weil sie Schwierigkeiten zu heben scheint, welche die herrschenden Ansichten übrig lassen. Indeſs durch den Widerspruch der Erscheinungen selbst mit dieser dynamischen Erklärung, der sich schon auf diesem beschränkteren Gebiete zeigt, muſs sie verdächtig werden. Es ist nämlich unrichtig, daſs die positive Belegung, wenn sie vom Glase entfernt wird, an Spannung abnehme, wie das Gegentheil davon bereits aus dem im Jahre 1762 von Wilke[1] angestellten Versuchen hervorgeht, und wenn das positiv erregte Glas im Augenblicke der Entladung gleichsam aufgereizt (!) mehr negative Erregung hervorzurufen und zu fesseln vermag, als später, wenn seine Kraft, (wie wenn es ermüdet würde, und nach den Gesetzen des Lebens thätig wäre) wieder nachläſst, so müſste die vorher positiv geladene innere Belegung in der Erscheinung des Rückstandes der Ladung vielmehr mit *negativer* Erregung und so die äuſsere Belegung umgekehrt mit *positiver* auftreten, wovon aber die Erfahrung abermals das Gegentheil zeigt.

1 Schwed. Abh. für 1762 S. 258 — 261.

Digitized by Google

Erörterung der Versuche mit der idner Flasche, welche zum Beweise · Franklin'schen Theorie gebraucht rden, und Gegenbeweise dagegen aus igen bei der Entladung vorkommen- den Erscheinungen.

Die Franklin'sche Theorie erklärt, wie wir oben gesehen n, die Erscheinungen der Leidner Flasche aus einer einzi- el. Materie, indem sie auf der positiven Seite einen Ueber- auf der negativen Seite einen Mangel derselben annimmt die Entladung als eine Ausgleichung des Mangels durch den erfluſs ansieht, wodurch bei der Proportionalität derselben 'ergleichung mit dem natürlichen el. Zustande dieser selbst ler hergestellt werde. Dieser Theorie zufolge müſste dem- die Bewegung des el. Fluidums in der Entladung eine eitige Richtung von der + nach der — Seite haben, und Spuren dieser Bewegung und ihrer Richtung müſsten sich log mit den Erscheinungen, die ein auf diese Weise sich 'egendes el. Fluidum, oder überhaupt eine nach einer Seite wirkende mechanische Gewalt in der Erfahrung wirklich t, in den Wirkungen, die von der Entladung abhängen, ler That nachweisen lassen. Einen solchen entscheidenden eis glauben auch die Franklinianer durch das Verhalten des :henschlages aufstellen zu können, und namentlich hat ALLO mehrere Versuche dieser Art[1] beschrieben, durch ne diese einseitige Richtung von der + nach der — Seite r allem Zweifel gesetzt werden soll.

a. Man hat sich vor allem auf gewisse Erscheinungen, ie Charten oder Pappblätter beim Durchbohren durch einen hlag zeigen, berufen. Der Hauptversuch dieser Art soll t von dem Genfer LULLIN angestellt worden seyn. Man eine Charte m n zwischen die beiden Spitzen des Henley'- allgemeinen Ausladers, so daſs sie in einiger Entfernung einander beide die Charte berühren, die Spitze a, welche Entladen mit dem positiven innern Belege communicirt, die Spitze d, welche mit dem negativen äuſsern Belege Fig. 59.

[1] Vollst. Abh. 1ster Bd. S. 217 u. f.

verbunden ist, in o. Erfolgt nun der Entladungsschlag, sieht man längs der Seite des positiven Drahtes a den Funk sich bis zu dem Puncte x hinschlängeln, welcher der negativ Spitze gegenübersteht, hier erfolgt die Durchbohrung, und der negativen Spitze sieht man einen bloſsen leuchtenden Pur Derselbe Erfolg findet auch statt, wenn die Flasche negativ laden wird, der Funke zeigt sich auch hier nur auf derjenig Seite der Charte, zu welcher der Draht von der positiven S ausgeht. Pictet[1] stellte diesen Versuch so an, daſs er be Seiten einer Spielcharte mit einem gleichschenklichen Drei aus Stanniol belegte, so daſs die Grundlinien der Dreiecke den gegenüberstehenden Rändern der Charte liegen und i Spitzen auf den entgegengesetzten Seiten wenigstens einen Z von einander abstehen. Der Funke springt dann jedesmal der Spitze des Dreiecks, das mit dem positiven Belege in V bindung steht, sichtlich bis dahin wo die Spitze des negati Dreiecks gegenüber steht, und durchbohrt daselbst die Cha Mit dieser Probecharte stellte Pictet auch noch folgenden V such an: Er isolirte eine Verstärkungsflasche, stellte ih Knopf nahe an den negativen Conductor der Elektrisirmaschi und hielt eine solche Charte, deren eine Stanniolbelegung an rer Basis mit einem kleinen Knopfe versehen war, an den a dern Seite so in den Fingern, daſs der Knopf sich nahe an d äuſsern Belege der Flasche befand. Bei jedem Funken zwischen dem Conductor und dem Knopfe der Flasche erschi zeigte sich auch ein Funken an der einen Seite der Charte, zwar stets an der Seite, an welcher die Belegung sich befi die mit der Hand berührt wurde. Ein Beweis, meint Pict daſs in diesem Falle aus dem allgemeinen Behälter, dem E boden, sich el. Materie in die äuſsere Belegung der Flasche goſs, so oft ein Funken aus dem Knopfe der Flasche in den gativen Conductor übersprang. Das Entgegengesetzte fand s als die Flasche positiv geladen wurde. So sehr diese Vers dem ersten Anscheine nach dafür zu sprechen scheinen, daſs deutlicher el. Strom stets nur von der positiven Seite aus und nach der negativen hin gerichtet sey, so hat doch Trem durch eine sinnreiche Abänderung dieser Versuche zu ze

1 G. XLIII. 218.

2 Ebend. XXIII. 426.

Digitized by Google

t, dafs sich diese Erscheinungen auch mit der Annahme el. Materien in Uebereinstimmung bringen lassen, wenn ur annimmt, dafs die atmosphärische Luft für beiderlei von E. ein verschiedenes Leitungsvermögen (oder Isoliermögen, in welchem Sinne die nachfolgenden Bestimmn gerade auf eine umgekehrte Weise für jede der E. gen werden müssen) besitze, und zwar für +E ein ohne ich gröfseres als für —E. Da unter dieser Voraussetzung nendlich mehr Widerstand als +E beim Verbreiten durch nosphärische Luft finden würde, so wäre es so gut, als e die Oberfläche der Körper —E, und als hätten die neelektrisirten Körper selbst eine mächtige Anziehung zu ungeachtet die Anziehung nur der in ihnen zurückgehal—E zukäme. Hierdurch würden sich zugleich die Verlenheiten der Lichtgestalten bei Spitzen und den Lichtenschen Versuchen erklären lassen.

Um diese Annahme zu prüfen, wiederholte Tremery den uch unter dem Recipienten der Luftpumpe, unter welchem Luft bis zu einer gewissen Quecksilberhöhe von ungefähr oll ausgepumpt war. Die Charte wurde in einem Puncte ırchbohrt, der ungefähr in der Mitte zwischen den beiden zen lag, und zu beiden Seiten der Charte sah man Lichtſen. Er liefs dann allmälig die Luft wieder unter den Rentén strömen, und wiederholte den Versuch in verschiedeDichtigkeiten. Für jede entstand ein Loch an einer andern e, so dafs sich im Stücke yx der Charte eine ganze Reihe Durchbohrungen, die eine nicht weit von der andern, be-. Damit die Entladung nicht durch die früher gebildeten her gehe, mufs die Charte etwas in die Höhe gezogen wer- Manchmal entstehen bei einem Schlage mehrere Löcher eich; in diesem Falle sind aber alle Löcher so vertheilt, es unmöglich seyn würde, zu sagen, an welcher Seite der tive und an welcher der negative Draht gewesen sey. Wurde Versuch in einer Luft von noch geringerer Dichtigkeit wieolt, so lag der Punct, wo der Schlag die Charte durchbohrt e, näher bei dem positiven Drahte b, als bei dem negativen ınd der gröfsere Lichtstrom zeigte sich dann an der negatiSeite.

Fig. 59.

Tremery schliefst hieraus 1. dafs das Leitungsvermögen er das Isolirungsvermögen in einem umgekehrten Sinne) der

Digitized by Google

atmosphärischen Luſt für positive und negative E. wesentlich verschieden ist; 2. daſs unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre das Leitungsvermögen für + E ohne Vergleich viel gröſser (oder das Isolirungsvermögen ohne Vergleich viel geringer) ist als für — E. 3. daſs dieses Leitungs- oder Isolirungsvermögen jedesmal nach einem eigenen Gesetze sich mit der Dichtigkeit der Luft verändert, so daſs für eine bestimmte Dichtigkeit der Luft beide einander gleich sind, 4. daſs von diesen verschiedenen Leitungs- oder Isolirungsvermögen der Luft bei gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre alle Zeichen herrühren welche zu beweisen scheinen, daſs die Glas-Elektricität wirklich positive d. h. Ueberschuſs, die Harzelektricität wirklich negative d. h. Mangel an E. sey. Diese Erklärung möchte vielleicht noch weitere Bestätigung und Aufklärung durch Wiederholung des nämlichen Chartenversuches in Gasarten von verschiedener chemischer Natur erhalten, da vorauszusetzen ist daſs auch unter dem gewöhnlichen Luftdrucke das Isolirungsvermögen der chemisch sehr verschiedenen Gasarten sich für die beiderlei Elektricitäten sehr verschieden verhalten möchte[1].

b. Man hat den Versuch mit den Charten noch von einer andern Seite als einen Beweis für eine einseitige Richtung der E. in ihrer Bewegung bloſs von der positiven Seite aus geltend zu machen gesucht. Gough[2] stellte den Versuch so an, daſs die Spitzen der beiden Stannioldreiecke in der Mitte des Chartenblattes einander gerade gegenüber standen. Als er eine auf der innern Seite mit + E geladene Flasche durch sie entlud, hatte das Loch der Charte an beiden Seiten erhabene Ränder. Doch waren an der Seite nach dem positiven Belege zu die Ränder minder hoch, als nach der entgegengesetzten. Dasselbe fand statt, als er die Flasche mit — E lud, und sie durch die Charte entlud. Die Durchbohrung, bemerkt Gough, glich in beiden Fällen völlig dem Loche, welches ein Pfriemen in einem dehnbaren Körper macht, denn er fand, daſs wenn er eine auf weichem Holze liegende Charte, oder eine unter einer Oeffnung angenagelte Bleiplatte mit einer solchen Spitze durchstach, das Loch ebenfalls zwei erhabene Ränder hatte, und immer war der Rand an der vordern Seite, durch welche die Spitze hin-

1 Vgl. *Funken, elektrischer.*

2 G. XLIII. 220.

ging, minder erhaben und zerrissen, als der Rand an der
tern Seite. Diese vollkommene Aehnlichkeit sieht Gough
einen vollgültigen Beweis an, daſs die el. Durchbohrung
em einzigen Strome, und zwar dem positiven zuzuschreiben
. Gilbert macht hierzu die Bemerkung, daſs dieses nur
n gelten könne, wenn der von dem hineingesteckten Pfrie-
n an der vordern Seite aufgeworfene Rand nicht durch das
rausziehen des Pfriemens, welches einige Kraft erfordert,
anlaſst wird. Pictet meint, die groſse Geschwindigkeit
s el. Entladungsstromes, die augenblickliche Retardation,
lche er in der Materie der Charte erleide und die Trägheit
selben Materie scheine hinlänglich, um die Erscheinung aus
n schnellen Hindurchgange eines einzigen el. Stromes zu er-
ren.

Indessen kommen gerade bei diesem Versuche Erscheinun-
n vor, die eine solche Erklärung auf keine Weise zulassen.
mmt man mehrere Karten, durch welche man einen Entla-
ngsschlag gehen läſst, so findet man in der mittleren Charte
n *ganz feines Loch*, wie mit einer Nadelspitze gemacht,
t nur wenig nach beiden Seiten aufgeworfenem Rande, und
n da aus nach beiden Seiten die Charten mit Löchern durch-
hrt, aber zugleich mit Zerreiſsungen, die in dem Grade stär-
sind, als die Charten mehr nach auſsen liegen, und die Rän-
dieser Zerreiſsungen von beiden Seiten nach auſsen gerich-
. Nach Parrot[1] soll diese Erscheinung beweisen, daſs bei
Vereinigung der beiden E. gleichsam in einem Puncte auf
mittlern Charte sich eine gewaltsame Elasticität entwickele,
welcher die beiderseits nach auſsen gerichteten Zerreiſsun-
herrühren. Etwas ganz ähnliches zeigt sich auch beim
chbruche des Entladungsschlages durch das Glas der Flasche,
, wie schon oben bemerkt, in der Mitte ein feines Loch ist,
sich nach beiden Oberflächen des Glases hin mit sich aus-
itender Zerreibung des Glases trichterförmig erweitert. In-
läſst sich die Erscheinung eben so genügend durch eine
ge abwechselnder Ausgleichungen des + mit dem — von
len Seiten her erklären, indem das + von dem einen Con-
tor her aus dem 0 der ersten Charte des — mit groſser Ge-
t und in verhältniſsmäſsiger Menge anzieht, wovon die Zer-

1 Entretiens sur la Physique V. 101.

Digitized by Google

reifsung der äufsersten Charte abhängt, die nach dem + hing richtet seyn mufs, das freigewordene — das + aus dem 0 d zweiten Charte und so fort, und eben so von der andern Se her auch das — das + des 0 von der äufsersten Charte, das fr gewordene — des 0 dieser Charte, das + des 0 der zwei Charte u. s. f., wo allerdings die Zerreifsungen abnehmend s müssen, weil jedes in der Reihe folgende ± an Quantität w niger beträgt, als das ∓, durch welches dasselbe erregt und gezogen worden, weil es sonst aus seinem 0 nicht hätte f gemacht werden können. Auf keinen Fall lassen sich di Erscheinungen mit einem einseitigen Strome von dem positiv Conductor aus in Uebereinstimmung bringen.

Noch ein anderer Versuch über die Durchbohrung v Charten oder Papierblättern, welchen Tremery[1] angestellt h findet seine genügende Erklärung in der Annahme zweier Ströme, und ist dagegen mit derjenigen eines einseitigen Stromes nicht verträglich. Wenn man eine starke el. Entladung durch mehrere auf einander liegende Blätter Papier hindurch gehen läfst, so liegen die Mittelpuncte aller einzelnen Löcher meistentheils in einer geraden Linie. Wenn man dagegen während die übrigen Umstände die ganz gleichen bleiben, einen Streifen Stanniol in die Mitte zwischen die Papierblätter legt, so findet man nach der Entladung zwar ebenfalls alle einzelnen Blätter des Papiers durchlöchert, jedoch mit dem Unterschiede, dafs die geraden Linien, die durch die Mittelpuncte der Löcher derjenigen Blätter geht, welche oberhalb des Stanniolstreifens liegen, nicht mehr die Verlängerung der gerad Linie ist, die durch die Mittelpuncte aller Löcher der unt Blätter geführt wird; beide machen vielmehr einen Winkel der geraden Linie zwischen der Durchbohrung in dem ob und in dem untersten Blatte. Aus dieser relativen Neigung obern und untern Schlufscanals folgt, dafs der Stanniolstr

Fig. 60. in zwei verschiedenen Puncten durchbohrt wird. Es sey das Heft Papier und a b der Stanniolstreifen. Durch c als Mitte von a b ziehe man p q senkrecht auf a b, v und r s zwei von der senkrechten p q gleich entfernte Puncte, in w chen sich die Kugeln eines allgemeinen Ausladers befinden gen, der mit einer Batterie verbunden sey. Die eine z. B.

1 G. XXXII. 31.

Digitized by Google

sich mit +E, indem sie mit der innern Belegung einer
erie in Verbindung stehe, die positiv geladen werde; die
re Kugel r werde eben so mit —E erfüllt, indem sie mit
äufsern negativen Belegung zusammen hängt. So wie nun
+ und — E im Momente der Entladung sich in die Ku-
v und r ergiefsen, streben sie, einen Theil der natürlichen
im Streifen ab zu zersetzen. Da sich aber die Theilchen
r einzelnen entwischten Flüssigkeit wechselseitig abstofsen,
rend sie die Theilchen der andern anziehen, so ist leicht
usehen, dafs die Hälfte ac des Streifens mit negativer und
Hälfte bc mit positiver E. geladen werden mufs. Es sey
er o der Mittelpunct der Kraft für ac und o′ für bc. Die
itive E. der Kugel v wird durch zwei Kräfte sollicitirt, de-
Richtungen durch die Linien vr und vo ausgedrückt sind,
n nicht blofs die negative E. der Kugel r sondern auch der
diesem Fluidum gleichfalls erfüllte Theil ac des Stanniol-
eifens ziehen dieselbe an. Eben so findet für die negative
der Kugel r eine Anziehung nach der Richtung rv und eine
eite nach ro′ statt. Streng genommen wird aber eigentlich
le der beiden E. in v und in r von drei Kräften sollicitirt,
nn in der That wirkt die positive E. der Ladung des Theils
auch noch zurückstofsend auf die positive E. von v, so wie
negative E. des Theiles ac das gleichnamige Fluidum in r
tofsen mufs.

Es folgt hieraus, dafs man sich füglich die positive E. der
gel v als von zwei Kräften zugleich sollicitirt denken kann,
en Richtung und Intensität durch die Linien vr und vn aus-
rückt werden, indem vn nur einen sehr geringen Winkel
der Linie vo macht. Eben so verhält sich die Sache in
iehung auf die negative E. in r. Wenn man nun zu vr
vn als Seitenkräften des Parallelogramm vrmn construirt
eben so auf der andern Seite das Parallelogramm rvm′n′,
zeigt sich, dafs die positive E. von v aus sich nach der
gonale vm, und die negative E. von r aus nach der Diago-
rm′ bewegen werden. Wenn die erste den Weg vz und
andere den Weg rz′ durchlaufen haben, gleichen sie sich
dem Metallstreifen aus. Es folgt also, dafs die über dem
nniolstreifen ab liegenden Blätter das Papier so durchboh-
werden, dafs die gerade Linie vz durch die Mittelpuncte
r Löcher geht und die Linie rz′ auf ihrer Seite durch die

Digitized by Google

Achse des Canals, den die E. durch die unter a b liegenden Blätter durchbohrt. Da nun r z′ nicht in der Verlängerung von v liegt, so muſs nothwendig der Stanniolstreifen in zwei Puncten z und z′ durchbohrt werden. Die Entfernung zwischen z und z′ wird gröſser oder geringer seyn, je nachdem man v und r weiter von der senkrechten p q ab oder ihr näher nimmt. Wenn v und r in der Linie p q selbst liegen, so müssen die Mittelpuncte beider Löcher in einem einzigen Puncte c zusammenflieſsen, womit auch der angestellte Versuch übereinstimmt, indem die beiden Löcher zwei Kreise bildeten, deren Peripherien sich durchschnitten. Wie dieser Erfolg mit der Theorie eines einseitigen Stromes in Uebereinstimmung zu bringen sey, ist nicht abzusehen.

c. Man hat sich ferner auf die Bewegung einer Flamme berufen, durch welche der Entladungsschlag geht. Stellt man nämlich eine Wachskerze in den hohlen Cylinder des Gestells des allgemeinen Ausladers zwischen die beiden Knöpfe der beiden Zuleitungsdrähte, die etwa zwei Zolle von einander abstehen, so wird man bei der Entladung die Flamme stets nach demjenigen Knopfe getrieben sehen, welcher mit der negativen Seite der Flasche in Berührung steht, zum Beweise, daſs der el. Strom nach dieser Seite hin seine Richtung hat. Cavallo bemerkt aber schon, daſs bei diesem Versuche die Flasche ungemein schwach geladen seyn müsse, gerade nur so viel, daſs sie eben im Stande ist, den Schlag durch den in der Verbindung leer gelassenen Zwischenraum zu treiben. Ist nämlich die Ladung zu stark, so geht die el. Materie wegen ihrer el. Kraft zu schnell durch die Lichtflamme, als daſs sie derselben eine merkliche Bewegung mittheilen könnte. Indeſs haben spätere Versuche bewiesen, daſs gerade der umgekehrte Effect Statt findet, wenn man statt der Flamme der Wachskerze die Flamme des Phosphors zwischen die zwei Kugeln des Ausladers bringt, und daſs hierbei alles von der eigenthümlichen, positiv oder negativ el. Natur der Flamme abhängt, wodurch dieser Versuch vielmehr für die Theorie zweier Materien spricht[1].

d. Einen andern Versuch stellt man mit einer Korkkugel an, welche man in ein zu einer Rinne umgebogenes recht trockenes Chartenblatt, oder in eine Rinne von wohl ausgedörr-

1 Vergl. den Artikel: *Elektricität.*

Digitized by Google

irnifsten Holze auf das Tischchen des allgemeinen Ausladers
hen die beiden Knöpfe bringt, wovon jeder etwa ⅘ Zoll von
Korkkugel absteht, und dann eine Entladung hindurch
Die Korkkugel wird in diesem Falle gegen den Knopf,
it dem negativen Belege verbunden ist, getrieben werden.
bei diesem Versuche mufs die Ladung der Flasche eben
inreichend seyn, den Schlag durch den in der Verbin-
liegenden Zwischenraum zu treiben, und überhaupt er-
rt derselbe eine grofse Genauigkeit und Geschicklichkeit
Gelingen. Da indefs bei diesem Versuche ein Zwischen-
von Luft ist, so erklärt er sich leicht auf dieselbe Weise,
der Versuch über die Durchbohrung des Chartenblatts. In
verdünnter Luft würde ohne Zweifel gerade das Gegentheil
eten, und die Korkkugel von der — nach der + Seite ge-
en werden.

e. Man hat sich auch auf gewisse Lichterscheinungen be-
, namentlich eines Sterns oder Strahlenkegels an einem
ine luftleer gemachte Flasche hinein ragenden Drahte, um
einseitige Richtung der E. bei der Ladung und Entladung
beweisen, indefs hat man dabei ganz willkürlich den Stern
in Zeichen einströmender E. angesehen.

Aus allem bisherigen sieht man demnach deutlich, dafs
Erscheinungen bei der Entladung und die davon abhängigen
kungen, weit entfernt für die Hypothese einer einzigen el.
rie dadurch neue Beweise zu liefern, dafs diese Wirkun-
und Erscheinungen auf eine einseitige Richtung eines ein-
n el. Stromes hindeuten, und zwar eines solchen, der von
positiven nach der negativen gerichtet ist, vielmehr einen
gengesetzten Charakter haben, und zwei el. Ströme oder
gungen, die von beiden Seiten gleichmäfsig ausgehen, ver-
n. Uebrigens verweise ich am Ende nochmals auf die
el: *Schlag, elektrischer*, wo eine nähere Betrachtung
merkwürdigsten Wirkungen des Entladungsschlages neue
eise für die dualistische Ansicht liefern wird[1]. *P.*

---

1 Priestley's Geschichte der Elektricität durch Krünitz. Berlin u. in 1772. an mehrern Orten. Beckmann's Beiträge zur Geschichte Erfindungen 1ster Th. 4tes St. S. 571. History of the Royal So- by Thomas Thomson. London 1812. Chap. VIII. on Electri- p. 429. Die übrige Literatur findet sich im Artikel selbst.

Flaschenzug.

Polyspastus, polyspaston; Polyspaste, moul *Polyspaston, tackle.*

Der Flaschenzug ist eine seit den ältesten Zeiten bekan und bis auf die neuesten herab allgemein angewandte mech sche Potenz, welche bestimmt ist um gröſsere Lasten mit e geringeren Kraft zu heben. Schon VITRUV[2] redet von die Werkzeuge als einem bekannten, und LEUPOLD[3] beschr die wesentlichsten derselben, aus welchem Werke die mei späteren Schriftsteller ihre Angaben entnommen haben. Eig lich gehört derselbe in die Mechanik; weil aber fast alle Le bücher der Physik die Beschreibung des Flaschenzuges in aufgenommen haben, so möge auch hier das Wichtigste diesen Gegenstand kurz mitgetheilt werden.

Es lassen sich zweierlei Arten von Flaschenzügen un scheiden, die gemeinen und die Potenzflaschenzüge, beide gehen von der *Rolle* als ihrem Elemente aus, deren eine b bige Anzahl, auf allen Fall mehr als eine, wenn eine me nische Potenz hervorgehen soll, in die aus hölzernen oder m tallenen Scheiben bestehenden Flaschen vereinigt werden. D gewöhnliche Construction der gemeinen Flaschenzüge ist d Fig. 61. daſs 2 oder 3 bis höchstens 4 Rollen in jeder Flasche in d selben Ebene über einander verbunden sind, und die Dur schnitte der sämmtlichen Seile und der Rollen, letztere perp diculär auf ihre Axen, in eine gemeinschaftliche Ebene f Um hierbei den parallelen Seilen neben einander Raum zu schaffen, sind die einander näher liegenden Rollen der b Flaschen kleiner, die entfernteren gröſser. Wenn die Flasc züge zum praktischen Gebrauche etwas gröſser und für di Seile geeignet gemacht werden, so darf die Vergröſserun Rollen nicht ganz unbeträchtlich seyn, und dennoch w die beiden, sich zunächst liegenden, nicht bedeutend werden, wenn die Zahl der Rollen in jeder Flasche drei

---

1 Als Erfinder desselben wird ARCHIMEDES genannt. S. Nach von dem Leben und den Erfindungen der berühmtesten Mathema München 1788. I. 22.

2 De Archit. Lib. X. c. 3 f. p. 231. ed. Rode.

3 Theatrum mach. gen. Cap. III. Tab. XXXV. und XXXVI

eträgt, und wenn gleich der mechanische Effect der Flazüge mit der Zahl der Rollen zunimmt, so beträgt dieselbe n gewöhnlichen namentlich im Bauwesen häufig gebrauchaschenzügen dieser Art meistens nur zwei in jeder Flasche, ie erforderliche Kraft wird verstärkt, indem man an das il des Flaschenzuges ein oder mehrere Pferde spannt, dasselbe vermittelst eines Cabestan's aufwindet. Es t noch hinzu, daſs ein Flaschenzug jederzeit ein so viel es Seil erfordert, je gröſser die Anzahl der Rollen ist, rch er kostbarer wird und bei gleicher Geschwindigkeit uges am Seile die Lasten langsamer hebt, abgerechnet, lie Säule durch den Einfluſs der atmosphärischen Feuchtigaufgedrehet werden, und sich am unbelastet hängenden henzuge nicht selten so in einander wirren, daſs sie nur vieler Mühe aus einander gebracht werden können, insbeere wenn sie zahlreich und die nächsten Rollen klein von hmesser sind. Endlich ist bei einer gröſseren Zahl von en die Länge beider Flaschen zusammen genommen und beträchtlichere Höhe, wo diesemnach die obere Flasche beigt werden muſs, nicht ganz unbedeutend. Die Zeichnung lt den in der Mitte liegenden Flaschenzug mit drei Rollen der Flasche dar, wonach man sich den mit zwei und den vier Rollen in jeder Flasche leicht vorstellen kann. Dieser ere wird nicht häufig gebraucht, und der mit einer Rolle eder Flasche kommt überall kaum in Anwendung. Ferner t sich der Regel angemessen das Seil anfänglich an der en Flasche befestigt; wird dasselbe dieser Regel zuwider ie untere Flasche gebunden, so erhält die obere eine Rolle r als diese letztere, die Last aber wird allezeit durch so Seile getragen, als die Anzahl der Rollen in beiden Flan beträgt.

Die angegebene Unbequemlichkeit der eben beschriebenen chenzüge, nämlich daſs die Rollen beträchtlich ungleich an se seyn müssen, wenn man deren drei oder vier in jeder che anbringen will und die Seile sich nicht an einander n sollen, führte auf den Vorschlag, sie sämmtlich von her Gröſse zu machen, und in horizontaler Lage neben der zu legen. Diese übrigens sinnreiche Einrichtung hat Fig. 62. i Mängel, zuerst nämlich wirkt der Zug am Seile zunächst st auf die eine Rolle an der einen Seite jeder Flasche, und

Digitized by Google

bis derselbe sich durch alle Seile fortpflanzt, kommen die F schen in eine schiefe Richtung, welches die Wirksamkeit d Apparates hindert, und zweitens sind alle Rollen auf einer ei zigen Axe befestigt, welche daher entweder sehr stark se mufs oder sich in der Mitte leicht biegt. Dem letzteren M gel wird leicht abgeholfen, wenn man die beiden Backen d Flaschen oben und unten mit einem hinlänglich starken Qu stücke verbindet, und jede Rolle von der andern durch e hiergegen gestütztes Blech von der erforderlichen Dicke tre der erstere aber verhindert, dafs man nicht füglich mehr a zwei bis höchstens drei Rollen in einer Flasche anbringen kan insbesondere wenn sie wegen der starken Taue bei gro Lasten, wie z. B. auf Schiffen, nicht schmal seyn dürfen. Vo gleich vorzüglicher sind daher zwei andere von dem bekann J. Smeaton[1] angegebene Einrichtungen, worin er die bei so eben erwähnten Arten zu vereinigen suchte. Die eine ve stattet die Zahl der Rollen beliebig zu vervielfältigen, und h den Vortheil, dafs beide Enden des Seiles in die Mitte d Flaschen treffen, wenn die Zahl der neben einander liegend Rollen eine ungerade ist, wie sich dieses gehört. In jeder d
Fig. 63. beiden Flaschen befinden sich dann zwei Reihen von Rollen, von denen die einander zunächst stehenden kleiner sind, als die von einander entfernteren. Indem übrigens die Zeichnung d Sache vollkommen deutlich macht, so würde jede weitere B schreibung überflüssig seyn, und verdient blofs noch bemerk zu werden, dafs die eingeschriebenen Zahlen diejenigen R len bezeichnen, über welche in der angegebenen Reihenfol das Seil gezogen wird, indem es bei der Rolle unter 1 an und am Haken 21 endigt. Die zweite Einrichtung dieser von Flaschenzügen unterscheidet sich nur durch die Abänd dafs die Axen der beiden Reihen von Rollen in jeder Fl sich in zwei rechten Winkeln schneiden. Es ist dann n erforderlich, dafs die Rollen von ungleicher Gröfse sind, doch werden die einander zunächst gegenüberstehenden e stens etwas kleiner gemacht. Eine Vorstellung von dieser E richtung erhält man leicht, wenn man sich denkt, dafs in d Figur die beiden Backen, welche die einander zunächst lie den kleineren Rollen einschliefsen, rechts um einen Quadran

1 Ph. Tr. XLVII. 494.

rumgedrehet werden, indem dann das Seil in der angezeigten
dnung so durchgezogen wird, wie die Reihenfolge der Zah-
angiebt, jedoch so, dafs es über die Rolle bei 6 hineinge-
ckt und durchgezogen über die andere Rolle so geschlungen
rden mufs, dafs es bei der Zahl 7 wieder herauskommt u. s. w.

Eine individuelle Species dieser Art verdient noch eine be-
idere Erwähnung, weil sie sehr gut im kleinen Umfange aus-
ührt werden kann, und dann Eleganz mit Wirksamkeit und
quemlichkeit verbindet, zugleich aber zur Demonstration
züglich brauchbar und namentlich für Chirurgen zum Ein-
hten verrenkter Glieder mit Nutzen anwendbar ist. So wie
diesen Flaschenzug aus einem in England verfertigten und
nehmend schön von Silber und Stahl gearbeiteten Exemplare
i einem französischen Arzte kennen lernte, und seitdem wie-
rholt aus Stahl und Messing nachbilden liefs, besteht derselbe aus Fig.
ei Flaschen, nur etwa 3 Z. lang, die untere mit 4 Rollen, 64.
zwei mit rechtwinklich über einander liegenden Axen, die
iden nach oben gekehrten Rollen 1 Z. die beiden untern 1,25 Z.
Durchmesser haltend; die obere Flasche dagegen hat 5 Rollen,
ren Gröfse den eben angegebenen correspondirt, so dafs
e beiden unteren die kleineren, die drei oberen die gröfseren
d. Einige Schwierigkeiten hat das Einziehen des Seiles,
nn man den Apparat nicht genauer kennt; es geschieht, in-
n man das Ende des Seiles über der oberen Rolle bei 1 ein-
kt, dann unter der oberen Rolle der unteren Flasche wieder
auskommen läfst und auf gleiche Weise nach der Reihenfolge
Zahlen fortfährt, wonach das letzte Ende bei 9 wieder her-
kommt, und mit dem bei 1 hervorstehenden anderen Ende
ch einen Knoten vereinigt wird. Hiernach ist das Seil an
er der Flaschen ursprünglich festgeknüpft, und der Fla-
nzug gewährt die Eigenthümlichkeit, dafs die bewegende
t an jedes der beiden Seil-Enden bei 1 oder bei 9 ange-
ht werden kann, oder an beide zusammen, und da hiernach
eder ein oder zwei der acht Seile in Bewegung gesetzt wer-
woran die Last hängt, so ist im ersten Falle $\frac{1}{8}$, im zweiten
bewegende Kraft erforderlich, um das Gleichgewicht her-
llen, wie die Erfahrung mit der Theorie vollkommen über-
immend zeigt. Bei so kleinen, vorzüglich gut gearbeiteten,
nplaren beträgt die Dicke der Backen bei den Flaschen etwa

Digitized by Google

1 Lin., der Rolle nahe 1,25 Lin., und wenn dann zum Seil eine gute seidene Schnur gewählt wird, und die stählernen Haken hinlänglich stark sind, so kann eine Last von nahe 200 ℔ oder 400 ℔ mit diesem kleinen Flaschenzuge gehoben werden, vorausgesetzt, daſs das einfache Seil 50 ℔ trägt, und man im ersten Falle an beiden, in letzterem an einem Seile zieht, die Reibung vorläufig nicht gerechnet.

Der Flaschenzug, auf dessen Erfindung sich J. White ein Patent gehen lieſs, war zunächst darauf berechnet, die Reibung zu vermindern, welche die einzelnen Rollen an den berührenden Blechen der Kloben erleiden, wenn deren mehrere parallel neben einander liegen. Er substituirte daher statt einer beliebigen Anzahl solcher einzeln beweglichen Rollen einen Kegel mit eingeschnittenen Rinnen, befestigte diesen statt der Flasche in einen Bügel, und zwei dergleichen von gleicher Beschaffenheit ersetzten dann den vollständigen Flaschenzug. Aus der Zeichnung ist ersichtlich, daſs das erste Ende des Seiles an dem einen Ende des obern Bügels befestigt wird, dann um die schmalste Rinne des unteren Kegels läuft, und von hier abwechselnd um die gröſseren des oberen und unteren Kegels, bis das letzte Ende desselben die äuſserste dickste Seite des Kegels umschlingt. Um die hierbei zum Grunde liegende Theorie zu verstehen, darf man sich nur vorstellen, daſs jede einzelne Rinne der Kegel eine für sich bewegliche Rolle von abnehmenden Durchmesser bilde. Würde dann das letzte Ende des Seiles mit der erforderlichen Kraft herabgezogen, so werden alle Seile zwischen der gesammten Zahl der Rollen verkürzt, alle Verkürzungen der gesammten Seile laufen aber über die letzte Rolle, über die nächstfolgende läuft eine weniger, über die dann zunächstfolgende wieder eine weniger und so fort, bis ans entgegengesetzte Ende der kegelförmig an einander gereiheten Rollen. Wenn nun die Peripherien, und somit auch die Durchmesser der einzelnen Rollen im gleichen Verhältnisse abnehmen, als die über sie laufenden Seillängen, so wird die Zahl ihrer Umläufe gleich seyn, und man darf sie also an einander fest machen, oder statt ihrer einen Kegel mit Rinnen substituiren. Man darf also nur den Kegel von beliebiger Höhe in so viel gleich hohe Theile abtheilen, als er einzelne Rollen ersetzen soll, ihn bei jeder Abtheilung cylindrisch abdrehen, und in alle diese cylindrische Theile Vertiefungen

cher Tiefe einschneiden, zwei solche ganz gleiche Systeme wachsenden Cylindern mit ihren Axen in den Bügeln befeen, und das Seil auf die angegebene Weise über die entdenen Vertiefungen schlingen, so ist der Flaschenzug hertellt. Obgleich diese Idee im Ganzen sinnreich ist, und die zukommende, als gleichmässig vorausgesetzte, Dicke des les das Princip nicht abändert, so erfordert dieser Flaschen- doch eine genaue Fabrication, ein ganz gleichmäſsiges Ausleifen der Rinnen, und weil auſserdem die bewegende Kraft die eine Seite desselben wirkt, er daher leicht schief gezo- wird, die Seile sich auſserdem da, wo die Durchmesser Vertiefungen kleiner sind, leicht verwirren, und endlich rch einen schiefen Zug und eine momentane Lockerheit wohl in eine nächstniedrigere Vertiefung herabgleiten können: so er nicht sehr in Gebrauch gekommen. Noch weniger ist die- der Fall bei einer Verbesserung, welche SHULDHAM [1] in rschlag brachte. Dieser befestigte nämlich in jedem Bügel vei mit ihrer Basis verbundene Kegel, welche nach beiden iten auf gleiche Weise abnehmende Vertiefungen hatten, bestigte die beiden Enden des Seiles an den beiden unteren heilen des oberen Bügels, führte dasselbe dann über die eichmäſsig zunehmenden Vertiefungen der Kegel zuerst im teren und dann im oberen Bügel, so daſs die vereinte Mitte sammen in zwei Strängen über die beiden Vertiefungen an r gemeinschaftlichen Basis beider oberen Kegel herabgezogen rde. Daſs hierdurch die mechanische Wirkung des Flaenzuges nicht vermehrt wird, obgleich er ein Seil von doplter Länge erfordert, ist aus dem oben gesagten klar, weil an vei Seilenden zugleich gezogen wird, jedoch erfordert das il zum Tragen einer gleichen Last nur die Hälfte der Stärke, d zugleich wird das Schiefziehen vermieden. Uebrigens ilt er die von jenem angegebenen Mängel.

Um die Reibung aufzuheben, that GARNETT [2] den Vorlag, und lieſs sich ein Patent darüber geben, die Spindeln r Rollen nicht in Löchern laufen zu lassen, sondern in einem eise von Frictions-Rollen, welche er in die doppelt gemach-

1 Transact of the Soc. for the Encouragement of Arts Manufact. . XXIV. 189.

2 T. Cavallo ausführliches Handbuch der Experimental-Naturre. A. d. F. von Trommsdorf. Erf. 1804. 8. I. 272.

Digitized by Google

ten Backenstücke der Flaschen einsenkte. Dafs die Flaschen-züge schon deswegen eine verhältnifsmäfsig nicht geringe Reibung haben, weil die Durchmesser der Rollenaxen der nöthigen Stärke wegen nicht eben klein seyn dürfen, ist allerdings richtig, und eben so wenig wird jemand in Abrede stellen, daß Frictions-Rollen ein sehr geeignetes Mittel sind, dem aus der Reibung entstehenden Hindernisse der Bewegung im Allgemeinen abzuhelfen, allein bei einem Flaschenzuge werden sie entweder zu klein seyn müssen, oder das ganze Werkzeug wird sehr zusammengesetzt und zu unförmlich dick ausfallen. Ich trete daher unbedingt der Meinung derjenigen Schriftsteller bei, welche die Anwendbarkeit der Frictions-Rollen bei Flaschenzügen für unzulässig halten.

Die zweite Art von Flaschenzügen sind die Potenz-Flaschenzüge, deren Benennung aus der später zu erörternden Art ihres mechanischen Effectes entnommen ist. Als wesentlichen Unterschied beider Arten von Flaschenzügen ist anzusehen, dafs bei der gemeinen die obere Flasche unbeweglich, die untere dagegen beweglich ist, und dafs das Seil an einer der Flaschen oder blofs durch Umschlingen um die Rollen festsitzt; bei den Potenzflaschenzügen dagegen nur eine, in der Regel die letzte Rolle unbeweglich ist, während meistens die sämmtlichen einzelnen Seile mit ihrem einen Ende an einen unbeweglichen Körper festgeknüpft werden. Einen Uebergang zwischen beiden Arten bildet die doppelte Rolle, deren Construction und Wirkungsweise aus der Figur ersichtlich ist, und welche in geeigneten Fällen leicht und mit Vortheil in Anwendung gebracht werden kann. Eben so leicht wird die Beschaffenheit der Potenzflaschenzüge aus der blofsen Zeichnung erkannt. Es laufen hier die einzelnen Seile, in einer gemeinschaftlichen verticalen Ebene liegend, mit einander parallel herab, und jedes ist an einem besonderen Halter mit dem einen Ende befestigt, während der andere durch den Bügel der nächsten Rolle getragen wird. Dafs dieses nicht alles durchaus nothwendig sey, ergiebt sich von selbst; indem namentlich auf Schiffen, wo diese Flaschenzüge zum Heben großer Lasten auf eine geringe Höhe am meisten gebraucht werden, oft die Möglichkeit nicht vorhanden ist, jedes einzelne Seil auf die angegebene Weise zu befestigen. Nicht selten werden sie dann sämmtlich in einem gemeinschaftlichen Puncte vereinigt festgemacht, so dafs sel-

Fig. 66.

Fig. 67.

Digitized by Google

letzte Rolle, über welche das Endseil geht, ebendaselbst festigt ist. Wie ein solcher dann aussehe, kann man sich ch ohne Zeichnung leicht vorstellen.

Als eine Art umgekehrten Potenzflaschenzuges ist derjenige zusehen, bei welchem die letzte Rolle, über welche das Ende s ersten Seiles herabgeht, beweglich, das andere Ende des Sei- aber festgemacht ist. Nach dieser letzten Einrichtung ge- rt er unter die Classe der Potenzflaschenzüge, insofern aber, s die obere Rolle fest, die untere mit der zu hebenden Last gegen beweglich ist, gehört er zu den gemeinen Flaschenzü- n, mit denen er auch rücksichtlich seiner Wirkung überein- mmt. Indem er aber die Lasten nur zur Hälfte der Höhe ebt, als bei den letztern der Fall ist, so kann er wegen die- er beschränkteren Brauchbarkeit nicht empfohlen werden. Eben iesem Fehler unterliegt die folgende Abänderung, welche rück- chtlich der Festigkeit der oberen Rolle, der Beweglichkeit er unteren und in so fern die Seile mit keinem Ende aufser an en Flaschen der Rollen selbst befestigt sind, mehr den gemei- nen beizuzählen ist, zugleich aber einen gröfsern Effect hat, ls die letzteren. Wegen des gerügten Fehlers der geringeren Höhe, wozu die Lasten vermittelst desselben gehoben werden önnen, verdient auch dieser keinen Beifall. Dem eigentlichen otenzflaschenzuge wesentlich zugehörend und an mechanischem ffecte ihn noch übertreffend ist der weniger bekannte, bei elchem die Last an den vereinten Enden aller Seile befestigt nd blofs die Flasche der oberen Rolle unbeweglich gemacht wird. a er nach der Zahl der Rollen die gröfste Last hebt, so ver- ient er vorzügliche Empfehlung, und selbst darin liegt kein esentliches Hindernifs seiner Anwendbarheit, dafs die verein- en Seilenden sich leicht zusammendrehen werden, denn da ie gemeinschaftlich in die Höhe steigen, so bringt dieses dem echanischen Effecte keinen Nachtheil, und die einzige daraus rwachsende Unannehmlichkeit ist nur diese, dafs die aufge- undenen Lasten sich gern um eine verticale Axe zu drehen pfle- en, welches aber ohne bedeutende Schwierigkeiten leicht ver- ändert werden kann.

Fig. 68.

Fig. 69.

Fig. 70.

Die *Theorie* der Flaschenzüge oder die Bestimmung ihres Effectes bei gegebener Kraft ist sowohl bei den gemeinen als len Potenzflaschenzügen sehr einfach und unter den Mechani- kern durchaus nicht streitig. Wenn man von der Steifheit der

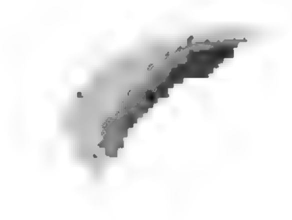
Digitized by Google

wirkt. Im Ganzen verhält sich also die Last zur Kraft wie $2 \times 2 + 1 : 1 = 5 : 1$. Am wirksamsten unter allen Flaschen-
Fig. 70. zügen ist der letzte, ein eigentlicher Potenzflaschenzug, bei welchem die Zahl der Rollen noch obendrein willkürlich vermehrt werden kann. Um seine Wirkungsweise zu versinnlichen, denke man sich die oberste Rolle als unbeweglich und blos zur Aenderung derjenigen Richtung bestimmt, in welcher die bewegende Kraft ihre Wirkung äufsert, wie dieses bei der einfachen Rolle der Fall ist. Die auf die unterste bewegliche Rolle wirkende Kraft äufsert sich auf beide Seilenden derselben, und ist also in Beziehung auf den Effect, womit diese Rolle das sie tragende Seil herabzieht, doppelt, wozu noch die einfache Wirkung auf das an die Last geknüpfte Seil kommt, mithin wirkt sie im Ganzen dreifach; die hierdurch erzeugte Gesammtkraft wird durch die folgende Rolle abermals verdoppelt und um 1 vermehrt, ist also $= 7$, durch eine dritte bewegliche findet das Nämliche statt, und sie wird also $= 15$. Heifst demnach die Zahl der beweglichen Rollen n, so verhält sich die Last zu der das Gleichgewicht erzeugenden Kraft $= 2^{n+1} - 1 : 1$.

Der in der Mechanik überall anwendbare, seit Cartesius allgemein bekannte Hauptgrundsatz, dafs bei bewegenden Kräften, namentlich beim Hebel und dessen zahlreichen Anwendungen, die von denselben durchlaufenen Räume und somit auch die Geschwindigkeiten zu den von den Lasten durchlaufenen Räume und folglich auch deren Geschwindigkeiten in einem umgekehrten Verhältnisse stehen, findet auch bei den Flaschenzügen Anwendung. Hiernach wird also derjenige Weg, welcher das letzte Ende des Seiles, oder das hieran als bewegende Kraft geknüpfte Gewicht, zurückzulegen hat, sich zu dem von der bewegten Last durchlaufenen verhalten wie die Gröfse der bewegten Last zu der Gröfse dieses bewegenden Gewichts. Bei den gemeinen Flaschenzügen findet man also diesen, vom bewegenden Gewichte durchlaufenen Raum oder seine Geschwindigkeit, wenn man diese der bewegten Last zugehörigen Gröfsen mit der Zahl der Seile multiplicirt, worauf die Last vertheilt ist. Dafs dieses wirklich der Fall sey, folgt schon einfach daraus, wenn man berücksichtigt, dafs die Verkürzungen der gesammten Seile beim Heben der Lasten über die letzte Rolle laufen, und daher der Zahl dieser Seile proportional seyn müssen. Bei dem oben angegebenen zweiten *Smeaton'schen* Flaschen-

e läfst sich dieses Theorem sehr gut daraus erläutern, wenn zeigt, dafs entweder die beiden Enden der Seile jedes mit m gleich langen Theile über beide obere Rollen laufen, oder nach Festknüpfung des einen Endes die ganze Verkürzung r die eine dieser Rollen läuft, wonach also im letzteren e, die Geschwindigkeit dieses Seiles doppelt so grofs, die Heben der Last erforderliche Kraft aber nur halb so grofs Auf gleiche Weise kommt dieses Gesetz bei den Potenz-chenzügen in Anwendung, und es mufs daher bei der ersten veglichen Rolle die Verkürzung beider Seilenden durch zweite bewegliche Rolle gehoben werden, mithin der von ser durchlaufene Weg der doppelte derjenigen Höhe seyn, welcher die Last gehoben wird, und da dieses nämliche von zweiten beweglichen Rolle in Beziehung auf die erste gilt, wächst der von dem bewegenden Gewichte durchlaufene m nach den Potenzen der beweglichen Rollen. Indem die- Grundsatz also als allgemein gültig anzusehen ist, so kann n umgekehrt die Wirksamkeit eines Flaschenzuges aus dem rhältnifs der Räume nachweisen, welche von den bewegen-n Gewichten und den gehobenen Lasten durchlaufen werden, e dieses unter andern durch Leslie[1] bei dem zuletzt beschrie- Fig. 70. nen wirksamsten Flaschenzuge geschehen ist. Denken wir uns nnach die oberste bewegliche Rolle zuerst für sich, so wird das sie geschlungene herabgehende Seilende zuerst um so viel abgehen müssen, als die Last steigt; weil aber zugleich die lle selbst um einen gleichen Theil des Raumes herabsinkt, wird der durchlaufene Raum hiernach verdoppelt, und weil gleich die Rolle hierdurch der Last um einen gleichen Theil ähert wird, so mufs die Summe der durchlaufenen Räume dreifacher desjenigen seyn, um welchen die Last gehoben Eben diese Demonstration gilt von der zweiten beweglin Rolle, wenn man die erste bewegliche als ruhend betrach-, mithin ist der von dem über diese herabhängenden Seil-de durchlaufene Raum der dreifache desjenigen, um welen die Last gehoben wurde, und wenn jene erste als beglich betrachtet wird, ein sechsfacher, wozu die erste Heng der Last mit 1 hinzukommt, folglich im Ganzen ein sienfacher u. s. w. Es folgt hieraus, dafs man bei den ge-

1 Elements of Nat. Philos. I. 173.



Digitized by Google

meinen Flaschenzügen zwar durch Vermehrung der Rollen Seile an Kraftaufwande gewinnt, eben so viel aber an Geschwindigkeit verliert, womit die Last gehoben Hiernach läfst sich dann auch die gesammte Länge des S berechnen, welche erforderlich ist, um eine Last vermi eines Flaschenzuges von gegebener Zahl Rollen auf eine stimmte Höhe zu heben. Heifst diese Höhe h, die Zahl Seile, woran die Last hängt n, der Abstand der Axen ersten Rollenpaares dann, wenn die Enden der Flaschen berühren, a, des zweiten a′ u. s. w. der Umfang der Rolle p, der zweiten p′ u. s. w. und geht endlich das woran gezogen wird, von der obersten Rolle wieder Boden herab, so ist die ganze Seiles-Länge

$$= 2\left(a + a' + a'' + \ldots + a^{\frac{n}{2}}\right) + \left(p + p' + p'' + \ldots + p^{\frac{n}{2}}\right) + h(n+1$$

Bei den gewöhnlichen Potenzflaschenzügen hört das Empo ben der Last auf, wenn die erste bewegliche Rolle sich oberſten unbeweglichen genähert hat, bei dem zuletzt besch benen, wenn dieselbe mit der die Last unmittelbar tragenden Berührung gekommen ist. Der Gebrauch der Potenzflaschenzüge, so grofse Lasten auch mit verhältnifsmäfsig geringer Kraft durch dieselben gehoben werden können, ist daher sofern sehr beschränkt, als sie nicht gestatten, die Lasten zu einer beträchtlichen Höhe zu fördern.

M.

Fliegen.

Das **Fliegen**, der **Flug**; *Volare*; Voler; bezeichnet den unterscheidenden Vorzug der Vögel, d Schlagen der Luft mit den Flügeln sich in derselben sch bend zu erhalten und fortzubewegen. Es ist dieses eine den vielen Erscheinungen, die täglich vor unsern Augen sich gehen, deren vollständige Erklärung jedoch eine schwierigsten Aufgaben der mechanischen Physik ausmacht.

Der Erste, welcher sich mit dem Fluge der Vögel auf gründliche Weise beschäftigte, ist der neapolitanische Prof Borelli in seinem an scharfsinnigen und neuen Untersuch gen so reichen Werk *de motu animalium*. Was Nieuwenty seiner Weltbeschauung über diesen Gegenstand vorbringt, nur von Borelli entlehnt, und zwar nicht zur Erklärung Erscheinungen, sondern nur in so weit es zu seinem Zwec

e Weisheit des Schöpfers in seinen Anordnungen ins Licht zu tzen, tauglich seyn mochte. Borelli[1] geht von der anatoschen Untersuchung der Flügelknochen und ihrer Befestigung s. Er macht auf die Verschiedenheit in der Structur des hulterblattes aufmerksam, das bei den gehenden Thieren einch ist, bei den fliegenden hingegen, aus zwei unter einem was spitzen Winkel vereinigten Stücken besteht, von denen s eine durch mehrere Muskeln an den Rippen des Rückates festsitzt, das andere durch feste Bänder mit dem Brustin zusammen hängt. Der Scheitel dieses Winkelstückes trägt e Pfanne, in welcher der Oberarm des Flügels sich bewegt; f diesen folgt der Doppelknochen des Ellbogens und das Handelenke. Die Länge dieses Flügelknochens ist je nach der Beimmung des Vogels verschieden; bei den Fliegern, wie Adrn, Schwänen, Schwalben, beträchtlich; (oft länger als der anze Körper) geringer bei der Henne, am unbedeutendsten eim Straufse. Er weist ferner auf den zarten Röhrenbau der nochen des Vogels hin als Beförderungsmittel der Leichtigkeit nd Festigkeit, und erörtert die merkwürdige Structur der Federn zur Durchschneidung und Aufhaltung der Luft. Sodann eigt er die Möglichkeit des Fliegens aus der Elasticität der urch den Flügelschlag comprimirten Luft, die wie ein fester oden widerstrebe, und erklärt den Flug für eine zusammengetzte Bewegung, „*aus schnell wiederholten Sätzen durch ie Luft*“. Die Brustmuskeln, die beim Menschen nur etwa en sechzigsten Theil der übrigen Muskeln ausmachen, klein nd wenig fleischig sind, betragen beim Vogel an Ausdehnung, raft und Gewicht mehr als alle übrigen zusammen. Selbst das rustbein, das bei jenen ganz flach ist, ist bei diesem mit eier winkelrecht aufgesetzten Wand versehen, und macht die agerstätte[2] der gröfsten und kräftigsten Muskeln aus. Diese

1 Joh. Alph. Borelli Neapolitani Matheseos Professoris de Motu imalium cet. Von diesem classischen Werke sind 7 Ausgaben vorhanden; die erste Romae 1680 und 81; die zweite Lugd. Bat. 1685; ie dritte Genevae 1685; die vierte Bononiae 1699; die fünfte Lugd. at. 1710; die sechste Neapoli 1734; die siebente Hagae Com. 1741; ämmtlich in 4to. Ob noch spätere existiren, ist mir unbekannt. S. eitsch. für Astronomie. III. 390. Die Abh. über das Fliegen findet ch auch in Le Clerc und Manget Biblioth. Anat. 1685. Fol. II. 15 und 890.

2 Die besten Flieger haben auch in der Regel die höchste und

Digitized by Google

sind am Gelenke des Oberarms selbst befestigt, und stehen nur etwa um ein Sechstel seiner Länge vom Centrum des ab, während dem sie beim Menschen an der Röhre des angeheftet sind: dadurch wird eine allzu starke Ausspannung dieser Muskeln verhindert. Der Deltoides, der beim Menschen zur Erhebung des Armes bestimmt ist, fehlt beim Vogel; Stelle vertritt ein dünner, verlängerter Muskel, der durch Oeffnung im Gelenke des Schulterknochens den Flügel aufwärts gegen den Rücken zieht; auch die Muskeln der Ellbogen- und Handgelenke, die beim Menschen zu so wichtigen Verrichtungen bestimmt sind, sind bei den Vögeln von geringer Bedeutung. Nachdem Borelli sich bemüht hat zu zeigen, daß der Schwerpunct des Vogels im untern Theile des Körpers sich befinde, bemerkt er ganz richtig, dafs die vom Flügelschlag verdrängte Luftmasse einem körperlichen Sector aus der Fläche des Flügels und seiner Drehung gleich sey, und dafs der Widerstand der Luftmasse im Schwerpuncte dieses körperlichen Sectors sich vereinige [1]. Diesen Widerstand leitet er einerseits von Reibung der in allerlei Wirbeln in einander bewegten Lufttheile, hauptsächlich aber von ihrer Elasticität her, deren Wirkung mit der Geschwindigkeit des Flügelschlags zunimmt, so dafs, wenn diese der Schnelligkeit, mit welcher die Luft ausweicht, gleich ist, der Vogel schwebend erhalten wird, und je nach dem Verhältnifs dieser beiden Geschwindigkeiten steigt oder sinkt. Durch eine Berechnung, die lich bedeutenden Einsprüchen ausgesetzt seyn dürfte, hatte Borelli zu zeigen gesucht, dafs die Kraft der Muskeln, die Menschen zum Sprunge erforderlich ist, nahe das 3000fache seines Gewichts betrage; er glaubt nun, nach dem Verhältnifs der Muskeln und der grofsen Leichtigkeit der Vögel die Muskelkraft der Letzteren beim Schlagen der Luft mit den Flügeln so ziemlich aufs vierfache jener Zahl setzen zu können, er folgert, dafs die Muskelkraft der Flügel das Gewicht Vogels immerhin um zehntausend mal übertreffe. Er legt hierauf die Meinung derjenigen Naturforscher, welche horizontale Fortbewegung der Vögel mit der Fahrt eines

---

fleischigste Brust, ganz das Gegentheil findet sich beim Straufs, eine wenig erhabene Brust, aber dafür eine beträchtliche Fleischmasse auf dem Rücken hat.

1 In centro gravitatis sectoris solidi.

verglichen, das durch die Ruderschläge vorwärts getrieben
d; er bemerkt, daſs diese Voraussetzung der Vernunft und
Evidenz zuwiderlaufe, indem die Flügelschläge immer in
ticaler, nie in horizontaler Richtung ſtatt fänden, und er-
rt hingegen das Vorwärtsausweichen aus der Biegsamkeit der
lern, vermöge welcher die Flügel beim Schlagen der Luft,
den Enden aufwärts gekrümmt, die Gestalt eines Keiles an-
unen, an dessen schräger Fläche der Widerstand der Luft in
izontale sowohl als verticale Abtreibung sich zerlege. Der
hwanz diene dem Vogel nicht zur Seitenlenkung, wie die
en Philosophen meinten, indem er nicht wie das Steuer ei-
Schiffes vertical gestellt sey, sondern nur in horizontaler
ge sich ausbreite. Tauben, die man der Schwanzfedern be-
ubt, wissen sich dennoch gut umzuschwenken, so wie auch
e Fledermäuse, denen dieses Werkzeug ganz abgeht. Der
hwanz diene nur zum Auf- und Niedersteigen, die Seiten-
ehung hingegen werde durch verstärktes Schlagen und gröſse-
s Ausbreiten des einen Flügels bewirkt, wodurch der Körper
f der äuſsern Seite mehr gehoben und schneller fortbewegt,
ithin um den weniger thätigen Flügel als Ruhepunct gedreht
erde; die Wendung des Kopfes und Halses habe hieran durch-
s keinen Antheil. Wenn die Kraft, fährt Borelli fort, mit
elcher der Vogel aufwärts steigt, seiner Schwere das Gleich-
wicht hält, so kann er wohl eine Zeitlang in der Luft hori-
ntal dahin schweben, ist aber bald wieder genöthigt, durch
nige Flügelschläge die schwindende Wurfkraft zu ersetzen,
obei ihm der Widerstand der Luft durch Aufhalten des Falles
statten kommt, so wie eine dünne Stahlfeder, im Wasser,
enn sie nicht nach der Schneide fallen kann, nur langsam
edersinkt. Eben dieser Wiederstand wirkt auch beim Nieder-
tzen einem allzuraschen Anstoſse auf den Boden entgegen,
dem der Vogel seinen Schweif möglichst ausbreitet, und
ohl auch durch ein Paar schnelle Schläge der Flügel die Fall-
aft zu mäſsigen sucht. Daſs *Menschen* sollten fliegen können,
ilt Borelli für unmöglich, vorzüglich deswegen, weil es
nen an den dazu nöthigen Brustmuskeln gebreche. Diese müſs-
n der Analogie zufolge etwa den sechsten Theil vom Gewichte
s menschlichen Körpers betragen, und mit den Armen eine
raftäuſserung ausüben können, die das Gewicht des Körpers
n zehntausendmal überträfe, da sie jetzt kaum den hundert-

sten Theil jenes Gewichts zu tragen vermögen. Der Vorschl mit Hülfe einer luftleeren Blase oder hohlen Kugel aufzustei sey eben so wenig ausführbar. Diese müfste von beträchtli Gröfse und von Metall seyn, könnte aber weder mit ir einem pneumatischen Apparate, noch auch durch Füllen Quecksilber luftleer gemacht werden; und der Druck der L würde ein solches dünnes Gefäfs bald zusammendrücken. Se wenn alles dieses zu erreichen stände, so würde die Kugel e weder zu schwer bleiben, und an der Erde kleben, oder Fall sie zu leicht wäre, sich in die Region der Wolken erheb und gleich diesen ein unlenksames Spielwerk der Winde sey

Man sieht, dafs Borelli gleich bei der ersten Unter keinen wesentlichen Umstand übersehen, die Erscheinung rich aufgefafst, und mit beifallswürdigen Erklärungen begleitet ha Eine eigentliche Theorie des Fluges war von dem damalig Bestande der Mechanik nicht zu erwarten. Diese wurde e 100 Jahre später von dem Preufsischen Consistorialrath Joh. E. Silberschlag [1] versucht. Seine Abhandlung ist jedoch m durch die eingestreuten zahlreichen praktischen Bemerkungen als von theoretischer Seite interessant. Ein Mifsgriff, den e gleich zu Anfang derselben macht, leitet ihn auf den etwas auffallenden Satz: „dafs der Widerstand der Luft sich wie die Cubi der Geschwindigkeiten der in ihr bewegten Körper verhalte." Das specifische Gewicht des Vogels wird = 1, und dasjenig der Luft zu $\frac{1}{900}$ angenommen, weil, wie der Verf. sich au drückt, die Vögel meist in höherer und dünnerer Luft schweben. Von der Lage des Widerstandspunctes ist keine Re und die Geschwindigkeit des Flügels wird auf den Rau bezogen, den seine äufserste Spitze durchläuft. So unzure chend diese Theorie ist, so schätzbar wird dagegen Silberschlag's Arbeit durch mancherlei eingestreute praktische Be merkungen und besonders durch die Data, die er über den Fl eines zahmen Adlers mittheilt. Dieser wog 8 ℔ und schlep am Fufs eine vierpfündige Kugel nach; die Länge seiner Flüg von Spitze zu Spitze (den Leib mit inbegriffen) bestimmte zu 6 Fufs (Rheinl.?) ihre Breite zu 1¼ F. Den Schwingungspu des Flügels setzt er auf 19 Zoll vom Gelenke ab, die Stel

1 Schriften der Berl. Ges. Naturforsch. Freunde 1784. Bd. S. 214 — 270

ie Brustmuskeln am Flügelarm angewachsen sind zu $\frac{1}{4}$ Zoll: us berechnet er, da das halbe Gewicht des Adlers mit der l 6 Pfunde betrug, die Muskelkraft eines Flügels bei jedem ge auf 152 Pfunde, also nur auf das 38fache seines Ges, was freilich von Borelli's übertriebener Schätzung ibsteht.

Ungleich vollständiger und wissenschaftlicher behandelte i Gegenstand der Akademiker Nic. Fuss in den Petersbur-Denkschriften vom J. 1799.[1] Nachdem er die wesentli-Bestimmungsstücke des Fluges für irgend eine beliebige lt der Flügel hergeleitet hat, bleibt er bei der Figur eines cks stehen, dessen Eckpuncte das Schultergelenk des Flü-O, das Ellbogengelenk P und seine Endspitze Q sind; und let seine Formeln auf die von Silberschlag gegebenen an. Endlich widerlegt er die Meinung Reinhold Fors[2], dafs der Vogel eine Art Luftballon sey, welcher durch Verdünnung der Luft in den Knochen, und durch Füllung elben mit einem durch den Respirations-Procefs erzeugten nten (phlogistisirten) Gase, sich erhebe. Es sey p das Geht eines Volumens Wasser von der Gröfse des Vogels und n, wie Forster annimmt, ein Fünftel dieses Volumens in lungen und Luftbehältern besteht, so wäre das Gewicht Vogels (vorausgesetzt, dafs die Höhlungen atmosphärische enthalten) $= \frac{4}{5}p + \frac{\frac{1}{5}p}{800}$, oder wenn sie gar mit einem mal leichtern Gase gefüllt wären $= \frac{4}{5}p + \frac{\frac{1}{5}p}{10.800}$ mithin ist Unterschied des geringsten Gewichts des Vogels, und des ersten der umgebenden Luft $= \frac{4}{5}p + \frac{\frac{1}{5}p}{10.800} = \frac{1}{800} p = \frac{31951}{40000}$, der Vogel bleibt dem ungeachtet noch um 0,8 seines Ges schwerer als die Luft, die ihn tragen soll. Selbst bei nglaublichen Voraussetzung, dafs der Vogel nicht schwey, als die Luft nahe an der Erde, würde ihn doch die istisirung der Luft in seinen Knochen um $\frac{1}{10}$ nicht höher Fufs erheben. Fig. 71.

---

[1] Nova Acta Soc. Scient. Imper. Petrop. Tom. XV. 1806. p. 88.

[2] Neue Theorie über den Flug der Vögel, nach den Grund- der Hydrostatik. Berliner Monatschrift October 1784.

Es werde für einen gegebenen Abstand x vom Drehungs-puncte des Flügels seine Breite durch y bezeichnet, so d $\int y\,dx$ die Oberfläche desselben ausdrückt, wobei Gestalt u Gröfse desselben durch eine Gleichung zwischen y und x ge geben ist; M heifse sein Trägheitsmoment in Beziehung a Fig. 72. die Schwingungsaxe. Ferner bezeichne O A die Lage des Fl gels *vor* dem Schlage, O U *nach* demselben; der durchlauf Winkel A O U sey $=\varphi$; $A\,O\,M=\delta$. Man setze die Wink geschwindigkeit des Flügels für einen gegebenen Punct D (O als Einheit angenommen) $=$ u, die Dauer eines einfachen Fl gelschlages $=$ t, endlich sey Π das Moment der gröfsten Kra welche der Vogel auf den unbewegten Flügel ausüben, und a die gröfste Geschwindigkeit, welche er dem Puncte D des Fl-gels mittheilen kann, wenn dieser keinen Widerstand zu über-winden hat; so ist $\Pi\left(1-\frac{u^2}{\alpha^2}\right)$ das Moment der Kraft, die d der Vogel in der Lage O U auf den Flügel ausübt. Die Win-kelgeschwindigkeit ln dem Abstande $O\,Z=x$, wird $=ux$, di dieser Geschwindigkeit entsprechende Höhe $=\frac{u^2x^2}{4g}$; wobei g die Fallhöbe der Körper in der ersten Secunde bedeutet. Würde der Flügel im Wasser bewegt, so hätte das Element des Flü-gels $y\,dx$ einen Widerstand zu erleiden, welcher $y\,dx$ zur Ba-sis und $\frac{u^2x^2}{4g}$ zur Höhe hätte. Dieser Widerstand ist also $=$ $=\frac{u^2x^2}{4g}\,y\,dx$, und sein Moment in Beziehung auf die A $MN=\frac{u^2x^2}{4g}.x\,y\,dx$. Setzt man die Dichtigkeit der Luf derjenigen des Wassers $=$ n : 1, und nennt $\int x^2y\,dx=$ und $\int x^3y\,dx=B$, so ist der ganze Widerstand, den der F gel erleidet, oder die Kraft V, welche den Vogel in Beweg setzen kann, $=\frac{nAu^2}{4g}$, und ihr Moment$=\frac{nBu^2}{4g}$. Wenn d her diese Kraft als senkrecht auf die Fläche des Flügels Puncte C wirkend gedacht wird, so findet sich O C aus der G chung $V.OC=\frac{nBu^2}{4g}$; oder $OC=\frac{nBu^2}{4g.V}=\frac{B}{A}$. Das Tr heitsmoment M des Flügels ist, wenn wir seine Dicke als glei förmig $=$ d annehmen, $=d\int x^2y\,dx$; (für $x=0$ bis $x=0$

...m hat man nach dem Grundsatze der Beschleunigung $\frac{dd\varphi}{g\,dt^2} = \Pi\left(1 - \frac{u^2}{\alpha^2}\right) - \frac{nBu^2}{4g}$; da nun $u = \frac{d\varphi}{dt}$, so ist $d\varphi^2 = u^2 dt^2$, und wenn man differenzirt, $d\varphi\, d^2\varphi = u\,du\,dt^2$, ...bei dt als constant gedacht wird. Dieses giebt $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{u\,du}{d\varphi}$, ...lche in obiger Formel substituirt, sie in

$$\frac{M}{2g}\cdot\frac{u\,du}{d\varphi} = \Pi - u^2\left(\frac{\Pi}{\alpha^2} + \frac{nB}{4g}\right) \text{ verwandelt.}$$

...icht man zur Abkürzung $\frac{2g}{M}\left(\frac{\Pi}{\alpha^2} + \frac{nB}{4g}\right) = \lambda$, und $\frac{2g\Pi}{M} = \mu$, ...erhält die Gleichung folgende einfachere Gestalt:

$$u\,du + \lambda u^2 d\varphi = \mu\, d\varphi.$$

...m diese Gleichung zu integriren, multiplicire man sie mit $e^{2\lambda\varphi}$, (wo e die Zahl bezeichnet, deren natürlicher Loga-...hmus = 1 ist) und man erhält

$e^{2\lambda\varphi} u\,du + 2\lambda u^2 e^{2\lambda\varphi} d\varphi = 2\mu e^{2\lambda\varphi} d\varphi$, deren Integral ...t $e^{2\lambda\varphi}u^2 = \frac{\mu}{\lambda}\left(C + e^{2\lambda\varphi}\right)$; wobei die Constante C ...urch die Bedingung bestimmt wird, dafs für $\varphi = 0$, auch $u = 0$, ...o $C = -1$ sey, woraus man folgende integrirteGleichung erhält:

$$e^{2\lambda\varphi}u^2 = \frac{\mu}{\lambda}\left(e^{2\lambda\varphi} - 1\right).$$

...ergiebt sich aus derselben erstens:

$=\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}\left(1 - e^{-2\lambda\varphi}\right)}$, und hieraus der Widerstand, den ... Luft dem Flügel entgegensetzt

$= \frac{nA^2u}{4g} = \frac{n\mu A}{4\lambda g}\left(1 - e^{-2\lambda\varphi}\right)$, endlich das Zeitelement

$= \frac{d\varphi}{u} = \sqrt{\frac{\lambda}{\mu}}\cdot\frac{\,e^{\lambda\varphi}}{\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1}}$, dessen Integral die Dauer ei-... Flügelschlags angiebt. Setzt man zu diesem Ende

$\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1} = z - e^{\lambda\varphi}$, so ist $e^{\lambda\varphi} = \frac{z^2 + 1}{2z}$; mithin

$e^{\lambda\varphi} = \frac{(z^2 - 1)\,dz}{2\lambda z^2}$; und $\sqrt{e^{2\lambda\varphi} - 1} = \frac{z^2 - 1}{2z}$;

...ses substituirt, wird

$$t = \frac{\sqrt{\lambda}}{\mu}\int\frac{d\varphi\, e^{\lambda\varphi}}{\sqrt{(e^{2\lambda\varphi}-1)}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}}\int\frac{dz}{z} = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}}.\log. z$$

und indem man den Winkel φ wieder einsetzt,

$$t = \frac{1}{\sqrt{\lambda\mu}}.\log.\left(e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi}-1}\right),$$ wobei für $\varphi =$ [0] auch $t = 0$ wird, also keine Constante erforderlich ist.

Fig. 71. Nimmt man dem Obigen zufolge an, dafs der Flügel ziemlich nahe einem Dreieck gleich sey, das durch die, den Drehungspunct O durchschneidende Queraxe OD halbirt wird, so wird $OD = a$, $PQ = b$, $OZ = x$, $EF = y$, und der Winkel $PDO = \zeta$; und da $x:y = a:b$, so ist $y = \frac{bx}{a}$. Das Element der Flügelfläche ist nun $y\,dx.\,\text{Sin.}\,\zeta$, und so erhalten wir:

$$A = \int x^2\, y\, dx.\,\text{Sin.}\,\zeta\begin{pmatrix}\text{für } x=0\\ \text{bis } x=a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{4}a^3 b.\,\text{Sin}\,\zeta$$

$$B = \int x^3\, y\, dx.\,\text{Sin}\,\zeta\begin{pmatrix}\text{für } x=0\\ \text{bis } x=a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{5}a^4 b.\,\text{Sin}\,\zeta$$

$$M = d\int x^2 y\, dx.\,\text{Sin.}\,\zeta\begin{pmatrix}\text{für } x=0\\ \text{bis } x=a\end{pmatrix} = \tfrac{1}{4}a^3 b\, d.\,\text{Sin.}\,\zeta$$

Fig. 72. Hieraus wird $OC = \frac{B}{A} = \tfrac{4}{5}a$.

Will man die Steigekraft des Vogels bestimmen, so mufs man den Widerstand V, der in der Richtung VI wirkt nach den Richtungen CG und CH, von denen die eine horizontal, die andere vertical ist, zerlegen. Dieses giebt

$CG = V.\,\text{Sin.}\,(\delta+\varphi)$ und $CH = -V.\,\text{Cos.}\,(\delta+\varphi)$.

Das Moment der erstern Kraft mufs das Moment des halben Gewichts des Vogels nothwendig übertreffen, wenn es steigen soll. Bisher haben wir die Geschwindigkeit u, die Kraft V, und die Zeit t durch den Winkel φ ausgedrückt. Wollte man umgekehrt u, V, und φ durch t geben, so haben wir

$$t\sqrt{\lambda\mu} = \log.\left(e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi}-1}\right),$$ mithin auch

$$e^{t\sqrt{\lambda\mu}} = e^{\lambda\varphi} + \sqrt{e^{2\lambda\varphi}-1},$$ und hieraus

$$e^{\lambda\varphi} = \frac{e^{2t\sqrt{\lambda\mu}}+1}{2e^{t\sqrt{\lambda\mu}}} = \frac{e^{t\sqrt{\lambda\mu}}+e^{-t\sqrt{\lambda\mu}}}{2},$$

was man auch durch $e^{\lambda\varphi} = \text{Cos. hyp. } t\sqrt{\lambda\mu}$ geben kann.

Digitized by Google

Und so wird der Winkel

$$= \frac{1}{\lambda} \log. \left(\frac{e^{t \sqrt{\lambda \mu}} + e^{-t \sqrt{\lambda \mu}}}{2} \right) = \frac{1}{\lambda} \log. \text{Cos. hyp.}\, t \sqrt{\lambda \mu}.$$

Geschwindigkeit $u = \sqrt{\frac{\mu}{\lambda}} \left(1 - e^{-2 \lambda \varphi}\right)$, wird

$$\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}} \cdot \frac{e^{2 t \sqrt{\lambda \mu}} - 1}{e^{2 t \sqrt{\lambda \mu}} + 1} = \sqrt{\frac{\mu}{\lambda}} \text{ Tang. hyp. } t \sqrt{\lambda \mu},$$ und hier-

endlich die Kraft $V = \frac{n A u^2}{4 g} = \frac{n A \mu}{4 \lambda g} \left(\text{Tang. hyp.}\, t \sqrt{\lambda \mu}\right)^2$.

Da es schwierig seyn dürfte, die oben vorausgesetzte ste Geschwindigkeit a anzugeben, so ist es einfacher, mit ergehung derselben statt $\Pi \left(1 - \frac{u^2}{a^2}\right)$ schlechtweg Π zu n. Dieses ändert nur die Constante λ, die nun $= \frac{n B}{2 M}$ wird. ht man $\Pi = f P$, wobei P die Muskelkraft selbst und f ih- Hebelarm bedeutet, so ist $\mu = \frac{2 g f P}{M}$. Alles Uebrige bleibt ändert.

Nennt man ferner p das Gewicht des Vogels und γ die Ge- indigkeit, die er haben muſs, damit der Widerstand der l diesem Gewichte gleich werde, ist sodann v die Geschwin- it des Aufsteigens, welche nach einem Fluge von τ Secun- em Widerstande R entspricht, so hat man, da die Wi- nde den Quadraten der Geschwindigkeit proportional sind, $= \gamma^2 : v^2$, mithin $R = \frac{p v^2}{\gamma^2}$. Die gröſste Wirkung der Flügel ist $2 V = 2 \frac{\Pi}{a} = \frac{2 f P}{a}$. Dieser Kraft steht das ht des Vogels p, und der Widerstand der Luft R entgegen. aben also folgende Differenzialgleichungen aufzulösen:

$$d v = \frac{2 g d \tau}{p} (2 V - p - R) \text{ oder auch}$$

$$d v = 2 g d \tau \left(\frac{2 f P}{a} - 1 - \frac{v^2}{\gamma^2}\right),$$ aus dieser ergiebt sich, man $\frac{2 f P}{a p} = \varepsilon$ setzt,

$$d\tau = -\frac{\gamma^2\, d\mathrm{v}}{2\,\mathrm{g}\,[(1-\varepsilon)\,\gamma^2 + \mathrm{v}^2]} \text{ und}$$

$$d\tau = +\frac{\gamma^2\, d\mathrm{v}}{2\,\mathrm{g}\,[(\varepsilon-1)\,\gamma^2 - \mathrm{v}^2]}.$$

Die Integrale dieser beiden Formeln sind wesentlich versch[ie]den, je nach dem Werthe von ε, welcher bei verschieden[en] Vögeln, je nach ihrer Natur, nach Gestalt und Gröſse ihrer Fl[ü]gel, ihrer Muskelkraft, und selbst bei dem nämlichen Vogel [je] nach seiner Belastung über sein eigenes Gewicht hinaus ver[-] schieden seyn kann. Ist $\varepsilon < 1$, so gilt die erste Formel, deren

Integral $\tau = \mathrm{C} - \frac{\gamma}{2\,\mathrm{g}\sqrt{1-\varepsilon}}$ Arc. Tang. $\frac{\mathrm{v}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}$ seyn wird,

wobei die Constante C so zu bestimmen ist, daſs für den Anfang der Bewegung, wo v der Anfangsgeschwindigkeit c gleich ist, die Zeit τ verschwinde.

Dieses macht die Constante

$$\mathrm{C} = \frac{\gamma}{2\,\mathrm{g}\sqrt{1-\varepsilon}} \text{ Arc. Tang. } \frac{\mathrm{c}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}, \text{ also}$$

$$\tau = \frac{\gamma}{2\,\mathrm{g}\sqrt{1-\varepsilon}} \left[\text{Arc. Tang. } \frac{\mathrm{c}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}} - \text{Arc. Tg. } \frac{\mathrm{v}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}\right]$$

oder mit Benutzung der bekannten Reductionen trigonometrischer Formeln

$$\tau = \frac{\gamma}{2\,\mathrm{g}\sqrt{1-\varepsilon}}\,.\text{ Arc. Tang. } \frac{(\mathrm{c}-\mathrm{v})\,\gamma\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma^2\,(1-\varepsilon) + \mathrm{c\,v}},$$ welcher Aus[-]

druck hinwiederum uns die erhaltene Geschwindigkeit gi[ebt,] nämlich

$$\mathrm{v} = \frac{\mathrm{c}\gamma\sqrt{1-\varepsilon} - \gamma^2\,(1-\varepsilon).\ \mathrm{Tg.}\ \frac{2\,\mathrm{g}\,\tau\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon} + \mathrm{c.\ Tg.}\ \frac{2\,\mathrm{g}\,\tau\sqrt{1-\varepsilon}}{\gamma}}.$$

Diese kann erst nach einer gewissen Zeit

$$\tau = \frac{\gamma}{2\,\mathrm{g}.\sqrt{1-\varepsilon}}\,.\text{ Arc. Tg. } \frac{\mathrm{c}}{\gamma\sqrt{1-\varepsilon}},$$

Null werden. Da nun auf den ersten Flügelschlag ein zw[eiter,] auf den zweiten ein dritter und so ferner folgt, so ist klar, [daſs] selbst ein mit seiner Beute oder sonstigen Last beladener V[ogel] durch die bloſse Kraft seiner Flügel zu einer gewissen H[öhe] sich erheben kann. Um den in der Zeit τ durchlaufenen [Raum]

bestimmen, multiplicire man die obige Gleichung $= 2g\,d\tau\left(\frac{2fP}{\alpha p} - 1 - \frac{v^2}{\gamma^2}\right)$ durch $\gamma^2 v$, und setze statt P seinen Werth ε ein, so hat man

$dv = 2gv\,d\tau\,[(\varepsilon-1)\gamma^2 - v^2]$ oder, da $v\,d\tau = ds$;

$dv = 2g\,ds\,[(\varepsilon-1)\gamma^2 - v^2]$, und hieraus

$= \frac{\gamma^2 v\,dv}{2g[(1-\varepsilon)\gamma^2 + v^2]}$, und dessen Integral

$$s = C - \frac{\gamma^2}{4g}.\ \log.\ [1-\varepsilon)\gamma^2 + v^2].$$

v = c ist s = 0; mithin die Constante

$$C = \frac{\gamma^2}{4g}.\ \log.\ [1-\varepsilon)\gamma^2 + c^2];$$

endlich der durchlaufene Raum

$$s = \frac{\gamma^2}{4g}.\ \log.\ \frac{(1-\varepsilon)\gamma^2 + c^2}{(1-\varepsilon)\gamma^2 + v^2}.$$

Was dann die Geschwindigkeit γ betrifft, bei welcher der iderstand der Luft R dem Gewichte p des Vogels gleich wird, bemerke man, daſs bekanntlich der Widerstand, den eine vegte Fläche in einer Flüssigkeit erleidet, dem Gewichte ei- Prisma gleich ist, welches die bewegte Fläche zur Basis, die der Geschwindigkeit zukommende Höhe zur Höhe hat, $= \frac{v^2}{4g}$; und so erhalten wir, wenn der Flächeninhalt der is durch H^2 ausgedrückt wird, den Widerstand $R = \frac{H^2\gamma^2}{4g}$, mit-

$$\gamma = \frac{\sqrt{4gp}}{H}.$$

Für den Fall, wo $\varepsilon > 1$, wie dieses bei den unbelasteten n Fliegern statt findet, hat man nach Obigem

$d\tau = \frac{\gamma^2\,dv}{2g[(\varepsilon-1)\gamma^2 - v^2]}$; dessen Integral

$\tau = C + \frac{\gamma}{4g\sqrt{\varepsilon-1}} \log. \frac{\gamma.\sqrt{\varepsilon-1} + v}{\gamma.\sqrt{\varepsilon-1} - v}$ ist, wobei

Constante $C = -\frac{\gamma}{4g\sqrt{\varepsilon-1}}\ \log.\ \frac{\gamma.\sqrt{\varepsilon-1} + c}{\gamma.\sqrt{\varepsilon-1} - c}$ gesetzt den muſs. Dieses giebt die Zeit

Digitized by Google

$$\tau = \frac{\gamma}{4g\sqrt{\varepsilon-1}} \log. \frac{(\gamma\sqrt{\varepsilon-1}-c).(\gamma\sqrt{\varepsilon-1}+v)}{(\gamma\sqrt{\varepsilon-1}+c).(\gamma\sqrt{\varepsilon-1}-v)}.$$

Setzen wir der Kürze wegen $\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon-1}-c}{\gamma\sqrt{\varepsilon-1}+c} = \mathfrak{A}$ und ge

zu den Zahlen über, so ist $e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon-1}}{\gamma}} = \mathfrak{A}.\frac{\gamma\sqrt{\varepsilon-1}+v}{v\sqrt{\varepsilon-1}-}$

woraus sich die Geschwindigkeit

$$v=\gamma\sqrt{\varepsilon-1}.\frac{e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon-1}}{\gamma}}-\mathfrak{A}}{e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon-1}}{\gamma}}+\mathfrak{A}}$$ ergiebt.

Welchen Werth auch die Gröſsen c, γ, ε haben mögen, so
wenn $\varepsilon > 1$ immer $\mathfrak{A} < 1$, und $e^{\frac{4g\tau\sqrt{\varepsilon-1}}{\gamma}} > 1$, und d
Geschwindigkeit kann niemals Null werden; sie ist im Gegen
theil zunehmend, mit der Zeit τ, ohne jedoch den We
$\gamma\sqrt{\varepsilon-1}$, den sie mit $\tau = \infty$ erreicht, überschreiten zu kö
nen. Man könnte hieraus den seltsamen Schluſs ziehen, da
der Vogel ohne Ende steigen könne; allein in groſsen Hö
nimmt der Werth von n, mithin auch der von V bedeuten
ab, und auch P und ε müssen sich allmälig vermindern.
wie aber das Letztere kleiner als 1 wird, so geht die zunehm
Geschwindigkeit in eine *abnehmende* über. Für $\varepsilon > 1$ wird
durchlaufene Raum $s = \frac{\gamma^2}{4g}$ log. hyp. $\frac{\gamma^2(\varepsilon-1)-c^2}{\gamma^2(\varepsilon-1)-v^2}$.

So weit gehen die Entwickelungen der Theorie des F
gens, wie sie Fuss gegeben hat; obwohl sie noch manche
erklärt lassen, so sind sie doch als erste mathematische E
rung eines von dieser Seite noch unversuchten Gegenst
von groſsem Werthe, und Fuss setzt durch Anwendung s
Formeln auf die von Silberschlag aufgestellten Data so
die Richtigkeit seiner Theorie als auch überhaupt die Mög
keit eines kräftigen und schnellen Fluges durch bloſsen
Fig. 71. gelschlag auſser Zweifel. Er nimmt OD = a zu 20, PO
zu 40 engl. Zollen, die Dicke des Flügels d zu $\frac{1}{4}$ Zoll, un
Abstand des Flügelgelenkes von der Längenaxe des Vogels
zu 2 Z. an, setzt den Winkel $\zeta = 40°$; $\delta = 15°$; $g = 16$F.=

en, Cubikfuſs Wasser = 70 Pf., das Gewicht des Adlers ohne
e Kugel 8 Pf., mit derselben 12 Pf. oder $13\frac{3}{4}$ Pf. russ. Ge-
icht, $n = \frac{1}{850}$; die Länge des Hebelarms f, an welchem die
rustmuskeln zogen, = $\frac{3}{4}$ Zoll, P = 152 Pf. = 4295 Cubikzolle
Vasser, die Weite des Flügelschlages, oder den Winkel φ lei-
t er aus der Bemerkung SILBERSCHLAG's ab, daſs die Flügel-
itze, wenn sie im ruhenden Zustande eben so hoch erhoben
urde, wie der Adler beim Fliegen zu thun pflegte, einen Bo-
n von 5 Graden durchlief, und bestimmt ihn dem zufolge auf
$= \frac{19\pi}{36}$. Aus diesen Daten folgt A = 51423; B = 822768;
= 12856; und hieraus $\lambda = \frac{nB}{2M} = \frac{2na}{5d} = 0{,}037647$;
$= \frac{2gfP}{M} = 96{,}2233$. Hieraus ergiebt sich die Dauer ei-
s einfachen Flügelschlages t = 0,1876 Secunden; mithin
= 0,3752 Sec., was mit SILBERSCHLAG's Bemerkung,
ſs der Adler in einer Secunde nahe drei Flügelschläge gemacht
be, ziemlich gut zusammenstimmt [1]. Die Bewegung u des
ügels in seiner tiefsten Lage ist hiernach = 17,32 Fuſs, mit-
n die erworbene Geschwindigkeit der Flügelspitze = 28,87 F.,
wird = 23,6 Cubikzoll Wasser oder 0,96 Pf. Zerlegt man
se Kraft, so wird die verticale Wirkung = 0,90 und ihr
ment 14,4, während dem das Moment der Hälfte des zu
enden Gewichts, nämlich $\frac{K \,.\, 13{,}75}{2} = 1375$ ist. Die
se Schnelligkeit des Flügelschlags (28,8 F. in d. Sec.) bringt
den nächsten Augenblick einen luftverdünnten Raum ober-
der Flügel zuwege, so daſs der Widerstand, den die Luft
Aufsteigen des Vogels entgegensetzt, meist nur seinen ab-
ndeten Rücken und zwar in schräger Richtung trifft, und
ird die Fläche H^2 nur etwa $\frac{3}{4}$ vom horizontalen Querschnitt
Vogels, den man auf einen halben Quadratfuſs setzen kann,
gen; H^2 wird demnach = $\frac{3}{8}$, und hieraus die Geschwin-
eit $\gamma = 48{,}44$; ε wird = $\frac{261}{275}$; und somit ist die Zeit, in
her die durch den ersten Flügelschlag erlangte Geschwin-
eit des Vogels, die wir zu 10 Fuſs in der Secunde anneh-
können, verschwindet, = 4,97 Sec. Hieraus wird

[1] Silberschlag's Abh. S. 226.

$V = 9{,}43$, und der am Ende des ersten Flügelschlags, d. h. in 0,1876 Secunden durchlaufene Weg = 1,89 Fufs. Ist der Vogel von seiner vierpfündigen Kugel befreit, so wird $p = 8$. Pf. $\gamma = 39{,}5$; $\varepsilon = \frac{17}{49}$; $V = 12{,}08$ F.; und $s = 2{,}07$ Fufs.

Diese Berechnungen zeigen genugsam, dafs ein kräftiger Flieger, der nur sein eigenes Gewicht zu tragen hat, gar wohl im Stande ist, durch die bloſse Kraft seiner Flügel mit immer gröſserer Schnelligkeit zu einer bedeutenden Höhe sich zu erheben, bis die zunehmende Verdünnung der Luft in den höhern Regionen die Werthe von n, P und ε so stark ändert, dafs die Geschwindigkeit abnehmend wird. Zugleich erhellet, dafs ihm nach einem anhaltenden und lebhaften Flügelschlage Geschwindigkeit genug übrig bleibt, um auch ohne sichtbare Bewegung der Flügel, eine Zeitlang horinzontal in der Luft fortzuschweben, wozu dann noch der Widerstand der Luft und wohl auch ihre Strömungen ihm behülflich seyn mögen. Ueberhaupt bleiben dem Vogel in der Wendung seiner Flügel, ihrer Ausbreitung und Verkürzung, dem Vorstrecken und Einziehen des Kopfs und Halses, der stärkern Bewegung des einen Flügels, der Stellung des Schwanzes u. s. w. eine Menge Mittel übrig, die er zum Steigen, Sinken, zum Fortschweben, zur Spiralbewegung anwenden kann, und welche der Berechnung zu unterwerfen, ein verwegenes Beginnen seyn dürfte.

Ohne die Arbeit von Fuss zu kennen, unternahm es im Jahr 1805 der durch ausgedehnte theoretische Kenntnisse, so wie durch praktischen Sinn ausgezeichnete Physiker, Jos. Prechtl eine Theorie des Fluges zu entwerfen. Der Weg, den er einschlug, scheint merklich einfacher und kürzer zu seyn, indem er das Problem in seinen Elementen auffafst, und den wichtigsten Theil der Frage, den Widerstand der Luft, beim Umschwung einer Fläche um eine Axe durch sorgfältige Versuche bestimmt.[2] Sodann mittelt er den Widerstandspunct des Flügels, je nach der Gestalt der angenommenen Fläche desselben aus, und zeigt, wie die Geschwindigkeit und Steigkraft des Vogels von der Schnelligkeit des Flügelschlags und der Gröſse des Schlagwinkels abhängig sey, einige allgemeine Bemerkungen über das Fliegen, und besonders über die Luftbehälter der V…

---

1 G. XIX. 376.
2 Ebend. XXIII. 130.

begleiten diese Abhandlung[1], welche der Verf. selbst nur für n Vorläufer einer von ihm versprochenenen vollständigern orie des Fliegens erklärt. Da seine Versuche einen Hauptpunct er Theorie, den Widerstandscoëfficienten betreffen, und zuch durch sinnreiche Anordnung und aufmerksame Berücktigung fremder Einflüsse sich auszeichnen, so dürfte eine ze Darstellung des angewandten Verfahrens hier nicht am echten Orte seyn.

Auf einer nahe 3 Zoll dicken horizontalen Walze A B ist leichter quadratischer Rahmen C D E F also befestigt, dafs ie innere Kante E F genau in der Axe derselben liegt. Ihm die in I mit einer Bleikugel beschwerte hölzerne Stange I in horizontaler Lage das Gegengewicht, und er wird auch ch eben diese Stange vermittelst einer Schraube bei G angegen. Die Umschwingung desselben wird durch das Sinken es Gewichtes zuwegegebracht, dessen Seidenschnur um die indrische Verlängerung A E der Walze gewickelt ist. Die gerstücke ihrer konischen Drehungszapfen waren solid am länder einer hohen Treppe befestigt, die einen Fall von mehr 30 Fufs erlaubte. Damit beim Ablaufen des Gewichtes die h abwickelnde Schnur nicht durch ihre Schwere beschleunid einwirke, wurde unterhalb der Schale, die das Gewicht , ein gleiches Stück von etwa 30 F. Länge angehängt, des- Ende den Boden berührte, wenn die Schale sich oben an Welle befand. So wie das Gewicht sank legte sich e Schnur auf den Boden nieder, und man hatte also ier eine constante Gröfse für das Gewicht des Fadens Hauptgewicht zu addiren. In den Rahmen C D E F konnte Papier eingespannt werden, welches die Widerstandsfläche ete. Bei den Versuchen mit dem *leeren* Rahmen wurde an em Letztern ein Gewicht befestigt, welches dem des Papiegleich und mit dem Gegengewicht an G H abgeglichen war; die Dehnung der Schnur bei verschiedenen Belastungen de gleichfalls Rücksicht genommen. Die Höhe von 30 F. attete 41 Umdrehungen der Walze, bis das Gewicht auf Boden kam: die Umdrehungen des Rahmens waren, wenn espannt war, bereits nach einigen Umläufen gleichförmig; leeren Rahmen aber etwas später. Es wurden daher nur Fig. 73.

1 G. XXX. 302.

die 20 *letzten* in Rechnung gezogen. Die darauf verwandt Zeit wurde durch die Schwingungen eines einfachen Halbsecun denpendels bestimmt, welches am Ende der 21sten Umdrehung losgelassen wurde; das Aufschlagen des Gewichts auf den Bo den gab das Ende der 41sten Umdrehung zu erkennen. B einer spätern Reihe von Versuchen, wurde die Loslassung d Pendels durch folgenden zweckmäfsigen Mechanismus von d Hand des Beobachters unabhängig gemacht, was besonders be schnelleren Umdrehungen von Wichtigkeit war.

Fig. 74. In derjenigen Höhe, wo das Gewicht bei der zwanzigs Umdrehung sich befand, wurde am Treppengeländer A ein Arm C angebracht, an dessen Ende m ein sehr leichter Hebel a b beweglich war, dessen kürzerer Arm m b schwerer war al der längere m a. Bei a berührte dieser den kleineren Hebel z x, der sich in dem Ende des Pfostens D in i ebenfalls mit möglichster Leichtigkeit drehte, und dessen kürzerer Arm zi ebenfalls das Uebergewicht hatte. Der Druck der seitwärts ge haltenen Pendelkugel hielt nun das leichtbewegliche, wohlabge glichene Hebelwerk in der Lage, dafs, sobald der Arm a b vom fallenden Gewichte berührt wurde, z im nämlichen Mo mente durchschlug und das Pendel seine Schwingungen begann, ohne später von dem niedergesunkenen Hebel z i aufgehalten zu werden.

Dafs dieser Apparat auf die Senkung des Gewichts keinen Einflufs ausüben konnte, ergab sich aus der Berechnung der einzelnen Hebel und ihrer Ueberwuchten. Es war nämlich $mb = 13$; $mx = 25$; $ix = 10$ und $iz = 8{,}5$ Zolle; der He belarm m b hatte eine Ueberwucht von $\frac{1}{16}$; derjenige in i z v $\frac{1}{32}$ Loth. Die 2 Loth schwere Kugel des Pendels war um von der Verticale abgehalten. Der niederwärtsgehende Dr in z fand sich nach der Formel $\frac{mb \cdot ix + \frac{1}{32}}{16\, mx \cdot iz} = 0{,}0695$ Loth. D Reibung des Pendels am Hebel $= \frac{1}{3}\, 2 \sin 6° = 0{,}0697$ Loth. blieb also in z nur eine Last von 0,0002 Loth zu überwind übrig, welche in b selbst nur 0,0003 Loth ausmacht.

Um den Widerstand, welchen die Luft dem Umschwung der Papierfläche entgegensetzte, zu bestimmen, bediente si PRECHTL folgender einfacher Methode: Nachdem man für e gegebenes Gewicht P die Zeit t ausgemittelt hatte, welche 20 Umdrehungen des bespannten Rahmens erforderlich wa

rde das Papier herausgenommen, sein äquivalentes Gewicht den Rahmen eingesetzt, und nun auf der entgegengesetzten te der Welle ein zweites Fallgewicht Q angebracht, dessen len mit demjenigen von P eigentlich eine Schnur ohne Ende dete. Dieses wurde so lange abgeändert, bis der leere Rahn genau in eben so viel Zeit seine letzten 20 Umläufe vollene, als der Bespannte dazu gebraucht hatte. Das Gewicht Q r also genau dem Widerstande gleich, den die Luft der Parfläche entgegensetzte; selbst sein Druck auf die Zapfen in rticaler Richtung war von demjenigen nicht verschieden, den r Widerstand auf die Papierfläche in stets ändernder Richtung sübte. Ist nun K die Entfernung des Mittelpuncts des Wirstandes auf die Fläche von ihrer Axe; b der Halbmesser der Welle, so ist der Widerstand der Luft $R = \frac{6}{k} Q$.

In diesem Widerstandspuncte finden sich alle einzelne Wirstände, die auf die Fläche wirken, vereinigt. Er mufs also Beziehung auf die Drehungsaxe dasselbe statische Moment aben, als der Widerstand auf die ganze Fläche vertheilt. Da ie Widerstände der Ausdehnung der Flächen, und den Quaraten der Geschwindigkeiten proportional sind, die letzteren ber sich, wie die Entfernungen von der Axe verhalten, so erhält sich der Widerstand eines jeden Punctes oder Elemens der Fläche, wie dieses Element und das Quadrat seiner ntfernung von der Axe; und in Beziehung auf sein statisches loment, wie die dritte Potenz dieser Entfernung. Diese heifse , und A bedeute den Flächenraum eines Rechtecks, K dessen Viderstandspunct, b seine Breite, so verhält sich das statiche Moment des Widerstandes auf das Flächenelement, wie $dx . x^3$, und dasjenige des Widerstandes auf die ganze Fläche ie $K^3 A$. also $\int b . dx . x^3 = K^3 A$. Ist die Höhe des Rechtcks $= m$, so ist $A = bm$, daher $K^3 = \frac{x^4}{4m} + C$, wo die onstante $= 0$, da der Widerstand für $x = 0$ verschwindet. ür $x = m$, wenn der Widerstandspunct für das Rechteck von er Höhe m gelten soll, ist daher $K = \sqrt[3]{\frac{m^3}{4}} = m\sqrt[3]{\tfrac{1}{4}} = 0{,}62996 . m$.

Die innere Höhe des quadratischen Rahmens betrug 136,8 Lin., daraus wird $K = 86{,}184$ Lin. Der Halbmesser der Welle mafs 16,506 Lin., ihre Länge 8 Zoll.

Digitized by Google

Setzt man A=b(m—n), so wird $K' = \sqrt[3]{\frac{m^4 - n^4}{4(m-n)}}$; und dieses ist der Widerstandspunct eines freischwingenden Rechtecks, dessen mit der Axe parallele äuſsere und innere Kanten um die Werthe m und n von derselben abstehen. Es verhalten sich ferner die Widerstände zweier Rechtecke von verschiedener Breite, welche um eine gemeinschaftliche Seite als Axe sich drehen, wie die dritten Potenzen ihrer Breiten; also wenn m den Abstand der entferntern, n denjenigen der nahern Kante von der Axe, R den Widerstand des erstern gröſsern, r den des nähern Rechtecks bezeichnet, so ist $r : R = n^3 : m^3$ also $r = \frac{n^3}{m^3} R$; dieser Werth von R abgezogen, giebt den Widerstand der Luft auf das äuſsere freischwingende Rechteck $= r' = R\left(1 - \frac{n^3}{m^3}\right)$. Mit Hülfe dieser beiden Sätze wurden sowohl die Entfernungen der Widerstandspuncte a und b auf den mit der Axe parallelen und eben so c auf den in einen Stab vereinigt gedachten winkelrechten Kantenstücken des Rahmens, als auch die Gröſsen dieser Widerstände o, p, q berechnet. Die Entfernung des gemeinsamen Widerstandspuncts von der Axe war dann

$$d = \frac{ao + bp + cq}{o + p + q} = 103{,}25 \text{ Lin.}$$

Es ergiebt sich hieraus eine Verbesserung von Q, so daſs $Q' = Q + = \left(1 - \frac{K}{d}\right)\alpha = Q + 0{,}16535\ \alpha$. Die Gröſse α ist gleich dem Gewicht p, welches statt P angehängt werden müſste, um den leeren Rahmen mit eben der Geschwindigkeit zu bewegen, wie der Bespannte durch P bewegt wurde. Doch muſs dieses p noch um eine aus den Versuchen zu bestimmende, durch die Schwungkraft zum Theil modificirte Reibungsgröſse ϱ vermindert werden, so daſs $\alpha = p - \varrho$. Heiſsen zwei auf einander folgende Zeiten t' und t''; p' und p'' die in gleicher Ordnung ihnen zugehörigen Gewichte; so ist $\varrho = \frac{t'^2 p' - t''^2 p''}{t'^2 - t''^2}$; für P = 6 Loth ergab sich $\varrho = 0{,}625$ Loth; für P = 80 Loth = 0,684 Loth, und hieraus folgte die Correction $0{,}16535 \cdot \alpha = 0{,}107$ Loth und 1,582 Loth für diese beiden Fälle. Der wahre absolute Widerstand R findet sich

m $= \frac{b'}{k} t\, Q'$; wo k den Widerstandspunct der Papier-
he, b' den um die halbe Schnurdicke vergröſserten Ra-
s der Welle bezeichnet. Ist nun der Inhalt der gebrauch-
Fläche $= a$, das Gewicht eines Wiener Cubikfuſses Luft
10° R. (der mittlern Temperatur während der Versuche),
(der Barometerstand in *Brünn* ist nicht angegeben); die
Geschwindigkeit des Widerstandspunctes zugehörige Höhe
wo $h = \frac{c^2}{4g}$; und der Coëfficient dieser Höhe $= x$, so
$x = \frac{R}{h\,a\,q} = \frac{R}{c^2 \frac{a\,q}{4g}}$. Nun ist $a = 0{,}819$ Quadrat-Fuſs;
$= 2{,}228$ Loth, $g = 15{,}515$ Wiener Fuſs; also $x = \frac{R}{0{,}0294 \, . \, c^2}$
e Geschwindigkeit c für 1 Secunde erhält man, wenn man
n vom Widerstandspunct in 20 Umdrehungen durchlau-
nen Raum durch die beobachtete Anzahl Secunden divi-
rt; also, wenn man die beobachteten halben Secunden
= t setzt, $c = \frac{4k \, . \, 20 \, . \, \pi}{t} = \frac{150{,}4096}{t}$.

Prechtl hat mit seinem Apparate zwei Reihen von Versuchen
gestellt, (jeden zu 20 Umdrehungen) deren Data hier folgen:

Erste Reihe.

…n Lothen.	Zeit in ½ Sec.	Werthe in Lothen. Q	Q'	Geschw. c in W. Fuſsen.	R in Lothen.	Höhen-coëffic.
6	53,1	4,500	4,607	2,838	0,888	3,751
10	40,2	8,000	8,167	3,741	1,575	3,826
15	32,6	12,281	12,610	4,614	2,432	3,884
20	28,3	16,625	16,894	5,314	3,258	3,922
25	25,2	20,750	21,296	5,968	4,107	3,920
30	23,1	24,470	25,139	6,511	4,846	3,887
35	21,5	28,280	28,815	6,995	5,557	3,861
40	20,1	32,080	32,945	7,483	6,353	3,858
45	19,1	36,081	37,039	7,874	7,143	3,917
					Mittel =	3,869.

Zweite Reihe.

50	17,17	42,281	43,561	8,762	8,441	3,789
55	16,33	46,281	47,659	9,216	9,235	3,697
60	15,75	50,750	52,121	9,555	10,100	3,761
65	15,00	55,000	56,311	10,027	10,912	3,690
70	14,50	59,000	60,485	10,373	11,721	3,704
75	14,00	63,250	64,401	10,743	12,479	3,677
80	13,50	67,438	69,019	11,141	13,374	3,666
					Mittel =	3,712.

Digitized by Google

Die beiden Mittel differiren um 0,157; bei der erstern Rei war ein Seidenfaden von 0,1143 Lin. Halbmesser, bei d zweiten eine hänfene Schnur gebraucht worden, deren hal Dicke 0,1946 Lin. betrug. Bei der letztern sind auch die Ge schwindigkeiten stärker, und die Zeitbestimmung des verbess ten Apparates wegen genauer. Der mittlere Höhencoeffici mag auf 3,79 angenommen werden. Die beträchtliche Abwei chung dieses Höhencoefficienten von den freilich weit ge nauern Bestimmungen Hutton's[1] und Schober's[2], die nur auf $1\frac{1}{2}$ setzen, erheischte eine ausführlichere Darstellun der dabei gebrauchten Methode.

Die Anwendung dieser Versuche zur Erklärung des Flug ist nach Prechtl kürzlich folgende: Man bestimme zu die Gestalt der Flügelfläche, die bei den Vögeln je nach ihr Bestimmung verschieden ist. Prechtl stellt drei Classen au In die *erste* setzt er diejenigen Thiere, deren Flügel aus ein zwischen ihren Flügelrippen ausgespannten Haut bestehen. Da hin rechnet er die Fledermäuse, die Schmetterlinge, überhaup alle fliegenden Insecten. Zur *zweiten* rechnet er die große Zahl der Vögel, bei welchen der erste Flügelknochen größer ist, al der zweite, z. B. die Hühner und Tauben. Zur *dritten* und obersten Classe gehören endlich die Vögel, bei denen der zweite Flügelknochen den ersten an Größe übertrifft. In diese gehören die *Raubvögel*. Führt man Linien durch die Puncte des Flügels, welche den Widerstand begrenzen, so erhält ma Fig. 75. nahe die Figur ABCDE in welcher das Rechteck ABCD d *Fächer* CDE die *Schwinge* ist. Wenn nun diese Fläche sic um die Axe AB dreht, so gehört der erzeugte Widerstand d Geschwindigkeit zu, mit welcher sich der Widerstandspunct des Flügels bewegt.

Nach Obigem ist für das Rechteck ABCD die gesuc Entfernung $K = BD\sqrt[3]{\frac{1}{4}}$. Man setze $BE = B$; $BD =$ und mache in der oben gegebenen Integralgleichung $\int y\,dx . x^3 = K^3 A$, die Gröfse $A = y$. Nun ist $y = \frac{a}{B-b}(B-x$ und $A = \frac{\alpha(B-b)}{2}$. Hieraus wird $K^3 = \frac{2}{(B-b)^2}\left(\frac{Bx^4}{4} - \frac{x^5}{5}\right) + C$

1 Gren's Journ. d. Phys. VII. 283.

2 Karsten Lehrb. der Mathem. VI. 627. und Hamb. Magaz. IX.

$C = -\frac{2}{(B-b)^2} \cdot \left(\frac{B b^4}{4} - \frac{b^5}{5}\right)$, mithin die Entfernung Widerstandspunctes K' von der Axe auf der Schwinge

$E = K' = \sqrt[3]{\frac{B^5 - 5 B b^4 + 4 b^5}{10 \cdot (B-b)^2}}$. Bezeichnet ferner R den erstand auf das Rechteck, r denjenigen auf das Dreieck, so

$R : r = \frac{b^3}{B^3} : \frac{1}{4}\left(1 - \frac{b^3}{B^3}\right)$, oder $r = \frac{1}{4}\left(\frac{B^3}{b^3} - 1\right)$, wenn 1 gesetzt wird. Aus der Entfernung der Widerstands-te in beiden Flächen und dem Verhältnifs ihrer Wider-le findet sich die Entfernung des gemeinsamen Wider-dspunctes im Flügel $d = \frac{K' r + k}{r + 1}$.

Es sey nun c die Geschwindigkeit, bei welcher der Wider-d, den ein freifallender Körper in der Luft erleidet, sei-eigenen Gewichte P gleich ist, w die Oberfläche desselben, den Widerstand leidet; p das Gewicht von einem Cubikfufs , so ist $P = \frac{c^2}{4 g} \cdot 3{,}8\, p \cdot w$, wobei c von der Gröfse und nelligkeit des Flügelschlags abhängt. Der Rückschlag Aufschlag des Flügels ist mit dem Niederschlage so ziem-von gleicher Dauer; denn wenn auch der Rückenmuskel, her den Flügel heraufzieht, den Brustmuskeln an Stärke steht, so wird hingegen auch der Widerstand der Luft i die Lage und Gestalt der Federn, und besonders durch nit dem Niederschlage bewirkte Vacuum über dem Flügel[1] itend vermindert. Setzen wir also den Raum, welchen Widerstandspunct des Flügels bei jedem Niederschlage läuft $= S$, und die Zahl dieser Schläge in 1. Sec. $= n$; t $c = 2 n s$. Dieser Raum wird durch den Winkel be-it, welchen die Richtungen des Flügels am Anfange und Ende eines Schlages einschliefsen, und den man den *gwinkel* nennen kann. Heifst dieser m, so ist $s = \frac{2\pi \cdot d}{360} \cdot m$,

$c = \frac{4 n \pi d}{360} \cdot m$ und $P = \frac{3{,}8 \cdot p \cdot w}{4 g}\left(\frac{4 . n . \pi d}{360}\right)^2 m^2$. Die en w, n, d und m sind sowohl bei verschiedenen Vögeln,

---

[1] Nach der obigen Bemerkung von Fuss.

als auch bei dem nämlichen Vogel, je nach seiner Willkür, me[illegible] lichen Aenderungen unterworfen. Das Ausspannen und E[illegible] ziehen der Flügel, ihre Steifung, besonders die Frequenz [illegible] Schläge, und die Ausdehnung des Schlagwinkels, machen [illegible] Verbindung mit noch andern weniger beachteten Hülfsm[illegible] teln die bewundernswürdige Kunst des Fliegers aus, mit w[illegible] cher der Vogel die schnellsten, mannigfachsten und sichers[illegible] Bewegungen in beliebigem Maſse ohne Anstrengung zu v[illegible] führen scheint.

Wendet man die gegebene Formel auf Silberschla[illegible] Adler an, bei welchem w = 8 Quadratfuſs; p = 0,078 Pf. Be[illegible] Gewicht, n = 3 ist, und setzt d = 1,65 Fuſs; m = 85°, so [illegible] P = 8,069 Pf. Da der Vogel 8 Pf. wog, so behielt er [illegible] bei diesem Flügelschlage 0,069 Pf. Steigekraft; bei der Belastu[illegible] mit der Kugel hätte dieses einen Schlagwinkel von 103°,5 er[illegible] fordert. Die Geschwindigkeit ist für den erstern Fall 14[illegible] letztern 17,7 Fuſs in der Secunde. Zieht man hier die best[illegible] digen Gröſsen zusammen, so wird $P = 0{,}0000066 . w . d^2 . n^2 .$ [illegible] (für alt franz. Maſs und Gewicht). Der Werth der Wide[illegible] standscoëfficienten ist hierbei von geringem Einfluſs; eben so [illegible] auch die Oberfläche des Flügels, wie wir das bei schlechten Fliegern sehen, deren Flügel zwar breit, aber kurz und abge- rundet sind. Weit wichtiger ist die Entfernung des Wider- standspunctes, der auch eben bei den schnellsten Fliegern, d[illegible] Schwalben und bei den Seevögeln, und Raubvögeln der g[illegible] streckten Gestalt ihrer schmalen Flügel wegen, weit hina[illegible] gerückt ist. Eben so kräftig wirkt die Schnelligkeit der F[illegible] gelschläge, und besonders auch die Weite des Schlagwink[illegible] Leider sind die beiden letztern Gröſsen ziemlich schwer zu [illegible] stimmen; doch darf man n wohl zwischen 2 und 20 und [illegible] zwischen 20° und 150°, für gewöhnlich etwa 90 Grade [illegible] nehmen. Zuweilen überschreitet m noch das angenomm[illegible] Maximum, wie man dieses beim Fluge der Tauben aus d[illegible] hörbaren Zusammenschlagen der Flügel abnehmen kann. [illegible] den schwachen Fliegern, den Sperlingen, Colibris, den K[illegible] fern ist n oft bedeutend, und scheint mit der Gröſse und Lä[illegible] der Flügel, vielleicht auch mit der Muskelkraft des Vogels, [illegible] umgekehrten Verhältnisse zu stehen.

Wenn nun auch die hier aufgestellten Theorien die Mö[illegible] lichkeit des Aufsteigens durch den Flügelschlag auſser Zweif[illegible]

tzen, so bleibt von da bis zur vollständigen Erklärung des luges, noch ein grofser Schritt zu machen übrig. Namentlich llte noch deutlicher nachgewiesen werden, wie das verticale iederschlagen der Flügel den Vogel mit so grofser Schnellig-it vorwärts schiebe, ob Borelli's oben angeregte Erklärung, fs dieses durch die Umbiegung der Federspitzen geschehe, zu genügend sey. Bei den Fischen sind die Flossen gröfsten-eils vertical, auch die Fläche des Hinterleibes, dessen hlängelnde Schwingungen und Biegungen so bedeutenden An-eil an der Fortbewegung haben, und eben so die Schwanz-ssen sind (die Buttfische ausgenommen,) meist nach der Ver-alfläche ausgedehnt, und ihre Kraftäufserungen gehen nach rizontaler Richtung. Allein bei den Vögeln sind diese, so iel bei einem so flüchtigen Gegenstande wenigstens der An-hein lehrt, nicht nach der Längenaxe des Körpers gerichtet, ndern senkrecht auf dieselbe. Nur, wenn der Vogel seinen auf plötzlich aufhalten will, um irgendwo abzusitzen, stellt sich aufrecht, und verwandelt den verticalen Flügelschlag eine seitwärtsgehende Bewegung. Gemeiniglich ist die Rich-ung des Körpers mit derjenigen des Fluges übereinstimmend. a nun der Vogel beim Aufsteigen, das niemals in senkrech-r, sondern in einer gegen den Horizont mehr oder weniger neigten Richtung statt findet, selbst in schräger Richtung sich lt, so mufs er entweder fähig seyn, seine Flügel etwas rück-rts drehen und ihre Ebene in horizontale Lage bringen zu nnen; oder man müfste voraussetzen, dafs seine Erhebung rch den aufwärts gehenden Druck der an der umgebogenen igelkante ausweichenden, durch einen schrägen Flügelschlag nprimirten Luft bewirkt werde. Vielleicht findet beides statt, d so mag der Vogel auch seine horizontale Fortbewegung ils dem von Borelli angegebenen Grunde, (der vielleicht ht so unwirksam seyn dürfte, weil er beim Auf- und Nie-schlägen eintritt) theils auch einer obwohl sehr geringen ehung der Flügelebene zu danken haben.

Bemerkenswerth ist auch die Fähigkeit einiger der gröfsern eger, eine geraume Zeit mit ausgespannten Flügeln, ohne sicht-e Flügelschläge, dahin *zu schweben*. Es ist ihnen dazu nicht die erworbene Geschwindigkeit, sondern besonders auch beträchtliche Ausdehnung ihrer Flügel behülflich, die ihnen *Fallschirm* dienen. Den Schwalben ist das Planiren nur

bei einer beträchtlichen Geschwindigkeit und nicht auf gar lange Zeit ohne erneuerte Schläge möglich, während dem die großen Albatros (*Diomedea exulans*) auf dem Meere dicht über der Wasserfläche, jeder Seitenfläche der Welle sich anpassend, dahin schweben, ohne daſs man bei ihnen eine andere Bewegung als ein langsames Wiegen des ganzen Körpers wahrnehmen könnte. Der *Moosweih* und der *Milan*, wenn sie irgendwo nach Beute sich umsehen wollen, bewegen sich auf eben diese Weise stundenlang ohne Flügelschlag in groſsen Spiralen umher, die sie allmälig der Erde zuführen. Daſs bei einmal gegebener Wurfgeschwindigkeit des Vogels der Widerstand der Luft auf die ausgebreiteten Flügel seinen Körper genugsam unterstütze, beweiset unter Anderen die geschickte Art, wie der Habicht auf dem Wasser seine Beute erhascht. Er stürzt von einer mäſsigen Höhe in einer schönen Curve, deren nach der Erde hin convexer Scheitel nur ein Paar Zolle von der Wasserfläche absteht, hinunter, hauet mit der Klaue ins Wasser, und steigt nun, ohne einen Flügel zu bewegen, durch die bloſse Erhebung der Axe seines Körpers im andern Zweige der Curve bis zu einer ziemlichen Höhe wieder an. Daſs den Vögeln beim Schweben auch der entgegenströmende Wind sehr zu statten komme, ist leicht zu begreifen; sogar dient er ihnen zuweilen, um ohne Flügelschlag in Schraubengängen aufzusteigen.

Man hat auch den *Schwanz* des Vogels für ein wesentliches Werkzeug des Fluges gehalten, allein der Umstand, daſs Vögel, die durch Zufall oder Absicht derselben beraubt worden sind, dennoch gut fliegen, zeigt, daſs er wenigstens nicht unentbehrlich sey. Zum Wenden dient er nicht, da er nicht in horizontaler Richtung sich bewegen kann. Der Vogel verrichtet dieses durch Bewegung des Halses, ungleichen Flügelschlag, am meisten durch Neigung der durch die Flügel gehenden Queraxe seines Körpers; den Schwanz breitet er vorzüglich dann aus, wenn er entweder den Fall nach der Erde mäſsigen, oder bei fast aufrechter Erhebung des Körpers seinen Flug plötzlich aufhalten will. Auch dient er ihm im Fluge zu allmäliger Hebung und Senkung, wie man dieses an dem schlangenförmigen Fluge der Bachstelze bemerken kann [1].

---

1 Zieht man die Bauchmuskeln des Vogels durch ein um den

Die *Höhe*, in welcher die Vögel fliegen, ist je nach ihrer
t, und dem Zweck des Fluges sehr verschieden. Silber-
ılag[1] sah ein Paar Adler über eine Wolke wegfliegen, de-
Höhe er auf 3000 Fuſs schätzte: die Züge der Strichvögel
. der Kraniche gehen oft hoch über den Brocken (gegen
0 Fuſs Höhe) hinweg. Noch merkwürdiger ist ihre *Schnel-
keit.* Raubvögel sollen, 6 deutsche Meilen in einer Stunde
chen; und König Heinrich II. in Frankreich soll einen Fal-
ı gehabt haben, der, in Fontainebleau entwischt, in 24
nden in Maltha soll gefunden worden seyn, was 19 Lieues für
Stunde gäbe[2]. Von den Schwalben wird behauptet, daſs sie
n Zug über das Mittelländische Meer in 8 Tagen vollführen.
Eine besondere Eigenthümlichkeit im Baue der Vögel sind
Luftbehälter derselben. Die Lunge des Vogels ist am
cken angewachsen, und steht mit den im Unterleibe befind-
ıen Luftbälgen in Verbindung, wäre der Vogel genöthigt,
e die Säugthiere, immer durch Nase und Mund zu athmen, so
irde ihn beim schnellen Fluge die entgegenströmende Luft
ld ersticken. Die Anfüllung des Körpers mit Luft scheint
n gewöhnlichen Athmungsprocess in diesem Fall zu ersetzen,
d dient überdem, den Muskeln festere Stützpuncte zu ge-
ı[3]. Namentlich mag diese Vermehrung der Steifigkeit durch
starke Verdichtung der Luft in den Röhren der Knochen
virkt werden. Schon Camper hat bemerkt, daſs die Kno-
n der Vögel mit comprimirter Luft erfüllt waren, und Bloch
gte durch den Versuch, daſs die Luft in den Knochen des
en Flügelgliedes durch eine Oeffnung am Wirbel eintrat,
l daſs bei Einblasung der Luft die Flügel sich ausdehnten.
man den Knochen zerbrach, fuhr die Luft mit einer sol-
n Gewalt aus demselben heraus, daſs sie ein Licht ausblies[4].
s die Vögel auch in verdünnter Luft ohne Schwierigkeit

ertheil des Thorax geschlungenes Band so zusammen, daſs sie
hren Bewegungen gehemmt sind, so kann der Vogel nicht fliegen.
b. von Lorry. S. d. unten angeführte Mém. du Mus. VI. 447.

1 a. a. O. S. 259. 267.

2 Prechtl in G. XXX. 318.

3 Nach Blainville hat die Fledermaus eben so ausgedehnte
gen wie die Vögel.

4 Silberschlag a. a. O. S. 219.

Digitized by Google

fliegen, beweist der Versuch BIOT's und GAY-LUSSAC's bei ihrer Luftfahrt am 24. Aug. 1804. Zwei Vögel, ein Grünfi (Verdier) und eine Taube, die sie in einer Höhe von 10500 in Freiheit setzten, schienen ohne Mühe zu fliegen, senkt sich aber dann doch sogleich in einer steilen Spirale zur heimathlichen Erde nieder[1]. Dagegen fliegen die Adler und Gey ohne Mühe in noch gröſsern Höhen.

Ueber den Flug der Insecten hat CHABRIER[2] eine weitläufige Abhandlung als Auszug einer noch gröſsern Arbeit geliefert. Ihr Flug unterscheidet sich hauptsächlich in zwei Arten: den *schwirrenden* Flug, und den *flatternden* Flug, der zuweilen auch in den *schwebenden* übergeht. Der erstere findet bei den Käfern, Bienen, und Fliegen statt; der letztere bei den Schmetterlingen, von denen diejenigen, die mit gröſsern und längern Flügeln versehen sind, auch wohl auf kurze Zeit einen schwebenden Flug annehmen. Die Flügel der Insecten bilden eine zusammenhängende, mit Rippen und Aesten durchzogene Haut, die bei den Käfern, Libellen und den Zweiflüglern durchsichtig, bei den Schmetterlingen mit kleinen bunten Schuppen oder Ziegeln, als einem feinen Staube bedeckt ist. Einige, wie die Käferarten, falten diese Flügel zusammen, um sie unter eine feste hornartige Decke zu verbergen, die jedoch zum Fliegen selbst wenig beizutragen scheint, sondern vielleicht als Fallschirm dienen mag; bei andern, z. B. den Tagschmetterlingen und den Libellen bleiben sie immer ausgespannt und werden im ruhenden Zustande des Insects auf dem Rücken in verticaler Lage an einander gelegt. Fast alle fliegenden Insecten haben *vier* Flügel, von denen jedoch die vordern bei weitem die Hauptwerkzeuge des Fluges zu seyn scheinen; die Zweiflügler sind davon ausgenommen, bei welchen an Stelle der Hinterflügel ein Paar Kölbchen sogenannte *Balancirstangen* (halteres) sich befinden, deren Zweck noch nicht ausgemittelt ist. Auch bei den Insecten, wie bei den Vögeln spielt die *eingeschlossene Luft* eine wichtige Rolle; und wohl möchte sie bei diesen noch mehr, als bei den Vögeln nothwendig seyn, um dem gröſstentheils weichen Körperbau die zur Anstrengung

1 G. XX. 14.

2 Mém. du Mus. d'Hist. nat. VI. 410 — 475. VII. 297 — ... VIII. 47 — 110.

Muskeln nöthige Consistenz zu geben. Ihre Brust ist ela-
h, bei einigen mit sehr kleinen Klappen versehen[1], die
nach Belieben öffnen und schliefsen können; indem das
er zum Fluge sich rüstet, sieht man den Leib derselben sich
lähen. Das *Summen* vieler Insecten während des Flugs
eibt Chabrier besondern Organen zu, die als kleine Puncte
Thorax wahrzunehmen sind; und von denen einige als Oeff-
gen in einer convexen Membrane erscheinen und mit frei-
ringendenSchuppen versehen sind[2]. Diejenigen, welche dieses
äusch ausschliefslich von der Schwingung der Flügel herleiten
len, stützen sich auf die Behauptung, dafs der Ton allmälig
ehme, so wie man die Flügel verkürze. Allein, nicht zu
nen, dafs durch eine solche Operation die Lebhaftigkeit der
gelschläge und der damit gleichzeitigen Luftausströmungen
hwächt wird, dafs vielleicht ein Theil jener Luft durch die
ffneten Gefäfse der Flügel selbst entweicht, so stehen diesem
such folgende zwei bestimmte Erfahrungen entgegen: Wenn
n die Flügel einer blauen Schmeisfliege mit Wachs zusam-
n klebt, so dauert das Gesumme fort; löfst man hingegen
erwähnten Schalldeckel vorsichtig ab, so fliegt das Insect
noch, aber ohne Geräusch: Man sieht dann während der
gelbewegung die darunter liegende Membrane sich weit öff-
. Bei den Maikäfern ist dieses Stimmorgan sichtbar zwi-
n den beiden Flügelsectoren nahe am Gelenke derselben an-
racht. Uebrigens ist es sehr wohl möglich, dafs bei einigen
cten das Summen wirklich vom schnellen Flügelschlage ent-
e, da wir auch bei den Vögeln ein Geräusch solcher Art
rnehmen, dafs bei den kleinern Vögeln z. B. den Sperlingen
ein schwirrender, bei gröfsern z. B. den Tauben und Möwen
ein pfeifender Ton sich äufsert; noch lauter ist das Sausen
r Rauschen der Raubvögel und der Schwäne; die Eule hin-
en, die zu ihren nächtlichen Raubzügen eines leisen Flugs
arf, hat die Enden ihrer Flügelfedern mit einem feinen
m besetzt[3], der jenes Geräusch aufhebt.

Einige Schriftsteller, z. B. Silberschlag[4] und Hu-

1 Chabrier a. a. O. VI. 447.
2 Ebend. VI. 454.
3 Bemerk. von Silberschlag a. a. O. 232.
4 a. a. O.

BER[1] haben es versucht, die Classen der Vögel nach der Gestalt ihrer Flügel einzutheilen: der letztere beschränkt sich hierbei auf die Raubvögel, die er in *Ruderer* und *Segler* (rameurs et voiliers) unterscheidet. Für verschiedene lehrreiche Bemerkungen über diese Thiergattung verweisen wir auf die Verfasser selbst; uns genügt hier, das, was über die Theorie des Fluges bisher versucht worden ist, beigebracht, und vielleicht die Aufmerksamkeit der Physiker auf diese etwas vergessene Aufgabe gelenkt zu haben. *H.*

Flintglas.

Eine Glasart, die ihren englischen Namen *Flintglas* von Flint, Feuerstein, hat, und die in der praktischen Optik dadurch merkwürdig geworden ist, dafs sie, als stärker Farben zerstreuend, sich vorzüglich brauchbar zu den Concavlinsen der zusammengesetzten achromatischen Objective zeigte. Diese Linsen werden nämlich aus einer concaven, das Licht stark zerstreuenden Linse von Flintglas, und aus einer oder zwei convexen Linsen aus einer andern weniger stark zerstreuenden Glasart, gewöhnlich aus englischem Kronglase (*Crownglas*) verfertigt[2]. DOLLOND, der zuerst die Brauchbarkeit des Flintglases zu diesem Zwecke erkannte, gab als mittleres Brechungsverhältnifs 1,583 zu 1, für dasselbe an, also nicht sehr verschieden von dem für Kronglas geltenden; aber die Zerstreuung der Farben ist ungemein viel stärker. Nach einer von KOHL mitgetheilten[3] Nachricht, die sich auf RAMSDEN's Erzählung gründet, war das vortreffliche Glas, dessen sich DOLLOND zu seinen berühmten, und noch jetzt so geschätzten Fernröhren bediente, nicht von dem gewöhnlichen, unter dem Namen Flintglas bekannten, weifsen Krystallglase, sondern er hatte sich jenes Glas von einer Glashütte im Norden Englands verschafft, wo ein Block von Flintglas vorhanden war, der durch Auslaufen aus dem Risse eines Tiegels entstanden war, und Jahre lang in der Gluth gelegen hatte, indem man ihn erst

1 HUBER Observations sur le vol des oiseaux de proie. av. Genève. 1784. 4.

2 Vergl. Art. *Fernrohr*.

3 Kastner's Archiv. VII. 250.

reifsen des Ofens auffand [1]. Aus diesem Umstande ist es n auch erklärlich, warum man nachher selbst in England, doch noch immer Flintglas verfertigt wurde und verfertigt d, es so schwer fand, gute brauchbare Stücke zu finden, em hiernach jene vorzüglich guten Stücke aus einer ganz ers behandelten Masse hervorgegangen waren. Die Schwie- keit, brauchbare Gläser zu Fernröhren zu liefern, besteht näm- nicht so sehr darin, dafs man eine das Licht stark zer- uende Mischung finde, sondern in der, gerade bei dieser sart am meisten schwierigen Darstellung einer durchaus gleich- gen Masse; denn die geringste Ungleichartigkeit wird beim brauche im Fernrohr durch ein streifiges Ansehen der Gegen- nde merklich, indem die ungleiche Mischung eine nicht in allen eilen der Masse gleiche Brechung der Lichtstrahlen hervorbringt.

Die mannigfaltigen Bemühungen, diese Glasart nachzu- chen, sind lange Zeit ohne genügenden Erfolg geblieben. IHER stützte seine Versuche auf die Entdeckung, dafs jene sart viel Bleikalk enthalte, und dafs diese Beimischung von ei die Farbenzerstreuung in ungemeinem Mafse vermehre, ährend man durch stärkern Zusatz von Alkalien die mittlere echung vermindern könne; aber brauchbare Gläser scheint er ichwohl nicht erhalten zu haben [2].

In Frankreich erhielt 1773 LEBAUDE einen Preis wegen en Flintglases, und ALLAT verfertigte auf BUFFON's Vor- lag Flintglas; aber nach KÖRNER's Bemerkung sind die von ien angegebenen Verhältnisse der Bestandtheile nicht gerade glich, um vollkommenes Flintglas zu erhalten, und man r auch in Frankreich selbst nicht damit zufrieden, sondern zte einen neuen Preis auf die Darstellung vollkommnern ntglases. DUFOUGERAIS, dessen Flintglas KÖRNER gerade schlecht nennt, erhielt von der Pariser Akademie ein sehr theilhaftes Zeugnifs über sein Flintglas; indefs ward es doch zu sehr kleinen Objectiven angewandt [3]. Glücklicher ist ARTIGUES gewesen, der nicht so sehr dahin strebte, ein

---

1 ROCHON's Nachricht, dafs Holles schon vor Dollond das Flint- i zu Fernröhren angewandt habe, scheint doch etwas zweifel- t, da diese Fernröhre nirgend bekannt geworden sind. G. IV. 302.

2 Mém. de l'acad. de Berlin pour 1766 p. 150.

3 G. XXXIV. 250.

recht schweres Glas zu erhalten, sondern bei etwas minder Farbenzerstreuung ein von ungleichen Streifen freieres Glas erhie Sein Flintglas war etwa 3,2 mal so schwer als Wasser; das be erhielt er aus der Mitte des Tiegels, wo ein Klumpen heraus nommen, geblasen und auf die gewöhnliche Weise gestreckt wu Biot giebt in seinem Berichte darüber die Brechung im Verhält zu der des franz. Kronglases wie 157 zu 151 an, das Verhält der Zerstreuung wie 160 zu 100. Aus diesem Glase wur gröfsere Objective verfertigt, die den Werth dieser Glasart wi lich zu beglaubigen scheinen [1]. Obgleich aber die von Ca choix aus diesem Glase verfertigten Fernröhre ausgezei gut gewesen seyn sollen, so hat man doch nicht gehört, ähnliche aus diesem Glase verfertigten Fernröhre recht in U lauf gekommen wären und sich vorzüglich beliebt gem hätten. Dieses ist dagegen in hohem Grade der Fall gew mit Fraunhofer's Fernröhren, zu denen dieser seit 1811 be Glasarten selbst bereitete. Sein Verfahren dabei ist noch u bekannt, aber bekannt genug ist, dafs seine bis zu 9 Zoll Öf nung verfertigten Objective unvergleichlich viel mehr leiste als je vor ihm geleistet ist, und dafs er selbst 12zöllige zu lie fern im Begriff war, als der Tod ihn zu früh den Wissensch ten entrifs.

Fraunhofer hat die Art, wie er sich von der Güte s nes Glases überzeuge, bekannt gemacht, und bemerkt, dafs Entdeckung der feinen Linien im Farbenbilde [2] ihn erst v kommen belehrt habe, dafs gewöhnlich die Brechung noch v schieden sey, selbst wenn man mehrere Stücke aus dersel Glasscheibe nehme. Hierdurch belehrt stellte Fraunhofer lange wiederholte Versuche an, bis es ihm gelang, eine so Gleichförmigkeit der Masse zu erhalten, dafs aus einem H mit 400 Pfund Flintglas, selbst zwei Stücke, deren eins Boden, das andere von der Oberfläche genommen ist, vollk men gleiches Brechungsvermögen haben [3].

Fraunhofer giebt die Brechungsverhältnisse für v schiedene Puncte des Farbenspectrums auf folgende Weise

---

1 G. XXXVII. 365.

2 Vgl. Art. *Farbe.*

3 Fraunhofer über Bestimmung des Brechungsvermögens schiedener Glasarten. S. 27. auch G. LVI. 307.

e von ihm bemerkten Linien im Farbenspectrum gaben ihm Mittel ganz genau denselben Punct bei mehrern Versuchen n Gegenstande seiner Beobachtung zu wählen und so waren eine Linie im Roth, C eine zwischen Roth und Orange, D e zwischen Orange und Gelb, E im Grün, F im Blau, G gen den Uebergang des Indigblau in Violett hin, H im Viot schon ziemlich gegen die Grenzen des Bildes. Hier war n bei einem mit No. 13. bezeichneten Flintglase und bei eim mit No. 9. bezeichneten Kronglase das Brechungsverltnifs

für den Strahl B	1,62775	1,52583;
für - - C	1,62968	1,52685;
für - - D	1,63504	1,52959;
für - - E	1,64202	1,53300;
für - - F	1,64826	1,53605;
für - - G	1,66028	1,54166;
für - - H	1,67106	1,54657.

as Verhältnifs der Farbenzerstreuung im ersten Theile des Biles ist demnach 1 zu 1,9, im letzten Theile 1 zu 2,2. Die estandtheile seines Flintglases und die Kunst der Bearbeitung it FRAUNHOFER geheim gehalten; KÖRNER hat die Bestandeile zwar untersucht, aber sie aus Rücksicht auf die Wünhe des Erfinders nicht bekannt gemacht.

KÖRNER selbst ist nun endlich noch als ein Künstler zu ennen, der mit vollkommen gutem Erfolge Flintglas verfertigt, nd sich durch Bemerkungen über das Verfahren bei der Verrtigung ein eigenthümliches Verdienst erworben hat [1]. Er nd das specifische Gewicht des englischen Flintglases erster orte = 3,373, zweiter Sorte = 3,4416; des Glases von d'ARTIUES = 3,1576; des Glases von FRAUNHOFER = 3,7786; des lases von KÖRNER's eigener Arbeit = 3,341. Er verfertigt ieses aus 100 Theilen eines vorher mit Salzsäure behandelten

1 Kastner's Archiv VII. 233.

Quarzes, 80 Theilen Mennig und 30 Th. Weinsteinsalz. Sein Glas war in so grofser Hitze bereitet, dafs der Ofen zu schmelzen anfing; es war völlig wasserhell und klar, ohne alle Streifen. Körner bemerkt, dafs es zum Darstellen eines guten Krystallglases eines hellen, nicht rauchenden Feuers bedürfe und dafs man daher Holz anwenden müsse. Die Engländer schmelzen es bei Steinkohlenfeuer in fast ganz geschlossenen Gefäfsen, aber da alsdann die Hitze nicht grofs genug ist, so kommt die Masse nicht zu hinreichend genauer Mischung und darin liegt schon ein Grund der Streifen in den Gläsern. d'Artigues vermied diesen Nachtheil, indem er Holz als Brennmaterial anwandte, und bei offenem Hafen die Oberfläche des Hafens der Flamme aussetzte; dadurch wird der dünnere Flufs des Glases bewirkt und ein vollkommenes Glas geliefert. Körner bemerkt auch, dafs das Umschmelzen eines nicht von Streifen freien Glases nicht zu empfehlen sey, weil es doch wieder auf die starke Hitze ankommme, und bei dieser sich im Umschmelzen leicht Blasen erzeugen. Dafs auch die Art, wie die Tafeln geblasen werden, zu Streifen Veranlassung gebe, läfst sich wohl einsehen. Wenn nämlich der ungeschickte Arbeiter die Pfeife eintaucht, sie dann um ihre Axe dreht, damit sich mehr Glasmasse anhänge, so verbindet sich der äufsere, immer schon etwas abgekühlte Theil der Masse nie ganz vollkommen mit der neu aufgewickelten, und man erkennt die Windungen an den sich in der Glasmasse zeigenden Streifen; bei dem wiederholten Eintauchen, um die Masse durch Blasen weiter zu Tafeln auszubilden, wird der Nachtheil, den die ungleichen Lagen hervorbringen, noch verstärkt. Bei mehr Geschicklichkeit des Arbeiters werden die Lagen mehr Parallelität erlangen und die Nachtheile vermindert. Die Streifen sind auch dann unvermeidlich, wenn die Masse nicht ganz lauter geschmolzen ist, und noch feine Bläschen vorhanden sind, diese mögen nun von Kohlensäure oder von in Dampf aufgelösten Salzen herrühren; und selbst wenn die Bläschen ausgetrieben sind, so erfordert es (nach Körner) noch einige Zeit, bis die, ungleiche Brechung zeigenden, Streifchen, die gleich Schwänzen den Bläschen anhängen, sich ganz verloren haben.

Aus Körner's handschriftlicher Mittheilung füge ich noch folgendes hinzu. Es ist diesem Künstler durch Unterstützung des Grofsherzogs und wiederholte mit ausdauerndem Fleifs

sgeführten Versuche geglückt, ein vollkommen gutes Flint-
ıs besser als das englische ued französische zu erhalten, wel-
es vielleicht nur durch das Fraunhofer'sche übertroffen wer-
n könnte [1]. Er hat es in Quantitäten von 400 Pfunden dar-
stellt. Er fand den Brechungsexponenten für die mittlern
rahlen im Kronglase = 1,5190611
der einen Sorte Flintglas = 1,6112927
der zweiten Sorte Flintglas = 1,634888.
rstreuungsmafs oder $\frac{dm'}{dm}$ mit der ersten
= 1,879886
mit der zweiten = 2,147241.
r berichtet ferner, dafs die nach eigener Berechnung ange-
dneten Fernröhre (wobei die unvermeidlichen praktischen
ehler berichtigt werden) sehr gute Wirkung thun. Eine Probe
eses Glases, welches der Verfertiger mir zur Ansicht mitge-
ieilt hat, ist in der That, dem äufsern Ansehen nach, sehr
orzüglich; es scheint ganz gleichförmig, ist sehr durchsich-
ig und läfst keine Spur von Streifen und Bläschen wahrneh-
nen; — die eigentliche Entscheidung über die Vollkommen-
eit des Glases kann man sich jedoch nicht anmafsen, so lange
ian nicht daraus geschliffene gröfsere Objective gesehen hat.

B.

Flüssigkeit.

luidität, Liquidität, Flüssiges, Liquides; *luidum, liquidum, fluiditas, liquiditas;* Fluide, quide, fluidité, liquidité, *Fluid, liquid, fluidity, quidity.*

Das Wort *Flüssigkeit* hat eine doppelte, in andern Spra-
en durch eigenthümliche Benennungen unterschiedene, Be-
utung, indem es sowohl die Körper selbst als auch ihren
ysischen Zustand bezeichnet. In beiden Beziehungen hat es
nn wiederum eine doppelte Bedeutung, indem die Flüssig-
iten entweder *tropfbar* oder *expansibel* (elastisch) sind, und
r Zustand derselben entweder ein *tropfbarer* oder *gasförmiger*

---

1 Körner's eigene Worte.

Röhren [1]. Aus der leichten Verschiebbarkeit der einzelnen Theilchen oder dem widerstandlosen Hingleiten derselben über einander folgt dann ihre Neigung zur Tropfenbildung von selbst, und es lassen sich darauf zugleich diejenigen Erscheinungen zurückführen oder an dieselbe mindestens anknüpfen, deren Gesetze in der Hydrostatik und Hydraulik näher untersucht werden [3], und hier deswegen unerörtert bleiben.

Der Zustand der Flüssigkeit ist ein *relativer* und grenzt ohne völlig scharfen Unterschied an den der *Starrheit*. So kann die Naphtha flüssiger genannt werden als Wasser, minder flüssig als letzteres ist Oel, noch weniger Syrup, geschmolzenes Pech und verweichtes Wachs, welche beide letztere so nahe an Starrheit grenzen, daſs der Unterschied schwer anzugeben ist. Inzwischen unterliegt die Bestimmung, ob ein Körper flüssig zu nennen sey oder nicht, keiner Schwierigkeit, indem ihm dieses Prädicat so lange zukommt, als sich Tropfen aus ihm bilden. So wird man Wachs, Pech, Siegellack, Glas u. dgl. bloſs erweicht nennen, wenn sie biegsam sind, und einem äuſseren Drucke nachgeben, flüssig aber heiſsen sie, wenn Tropfen von ihnen herabflieſsen, obgleich diese oft bei unvollkommener Flüssigkeit und vorwaltender Zähigkeit der Körper keine runde, sondern eine länglichte, birnförmige Gestalt annehmen, wie namentlich bei den Glastropfen oder Glasthränen beobachtet wird.

Wenn man die Fähigkeit, Tropfen zu bilden, als charakteristisches Kennzeichen einer Flüssigkeit ansieht, so unterscheiden sich diese Körper sehr wesentlich von solchen, deren Bestandtheile sich leicht trennen lassen, und welche eben daher einige Eigenschaften mit jenen gemein haben, namentlich daſs sie die Form der Gefäſse annehmen, worin sie sich befinden, so daſs man sie deswegen auch halbflüssig genannt hat, als lockere Erde, trockener Sand, Staub, Mehl und alle fein pulverisirte Körper. Genau genommen kann man aber solchen Substanzen die wesentlichen Eigenschaften der starren Körper, nämlich geringere Adhäsion und merklichere Reibung an einander nicht absprechen, nur sind ihre Theilchen zu klein,

1 Vergl. *Hydraulik.*
2 Vergl. *Tropfen.*
3 Vergl. *Hydrostatik* und *Hydraulik.*

ſs man jene messen könnte, indem sie erst bei zunehmender öſse auffallender werden. So sind sie bei Kieselpulver ganz merklich, sichtbarer bei feinem Quarzsande, und grober Sand er Kies erscheint schon in den einzelnen Theilchen als aus rren Körpern bestehend. Deswegen werden die aus mehrern rennten Theilen bestehenden Massen um so weniger beim sschütten eine ebene Oberfläche bilden, je gröſser ihre Be- ıdtheile sind, weil hiermit zugleich die Reibung derselben einander wächst, vollkommen eben ist die Oberfläche aber bei den Flüssigkeiten, deren Bestandtheile gar keine meſs- e Reibung an einander zeigen[1].

Als bloſse Thatsache ist hinlänglich bekannt und bedarf r einer allgemeinen Erwähnung, daſs der Zustand des tropf- Flüssigseyn's zwischen der Starrheit und der Gasform in Mitte liegt, und hauptsächlich durch die Wärme desgleichen ch äuſseren mechanischen Druck bedingt wird. Rücksicht- ı der Ersteren werden die meisten Körper durch Vermehrung Wärme flüssig, und man darf der Analogie nach schlieſsen, ſs es einen Grad der Hitze giebt, bei welcher kein Körper n Zustand der Starrheit beibehalten würde[2]. In Beziehung *Dämpfe* und Gasarten ist schon gezeigt[3], daſs selbst bei höchsten Temperaturen der Wasserdampf durch hinrei- nde Compression in tropfbar flüssiges Wasser verwandelt den kann, und daſs dieses bei niedrigeren Wärmegraden h leichter geschehen könne, ja alsobald erfolge, wenn man Compression über seine Elasticität erhöhet, ist an sich klar. in gehören dann auch die schon erwähnten Versuche von NIARD DE LA FOUR[4], welche indeſs noch eine Wieder- ng und genaue Prüfung erfordern. Von den Gasarten ist ɔch nicht mit Gewiſsheit ausgemacht, ob einige bisher dem usse des Erkaltens und des mechanischen Druckes völlig rstanden haben, allein da schon verschiedene derselben bar flüssig gemacht sind, so hat man auf allen Fall Grund ermuthen, daſs unter geeigneten Bedingungen sie sämmt-

---

Vergl. LAMBERT in Mém. de Berlin. 1772. 33.

Die Angabe der Temperaturen, bei denen die bekannten er flüssig werden s. im Art. *Schmelzen.*

S. Th. II. S. 296. Vergl. 411.

S. Th. II. S. 280.

lich diese Veränderung erleiden würden[1]. Aufserdem behaupt auch Perkins[2], dafs es ihm gelungen sey, durch sehr stark mechanischen Druck verschiedene tropfbare Flüssigkeiten in Krystallisation zu bringen; es ist jedoch nicht angegeben wel welche Flüssigkeiten noch unter welchen Nebenbedingungen und die Sache mufs daher erst durch die Erfahrung noch wei ter bestätigt werden, ehe man mit Sicherheit ein physikalisches Gesetz darauf bauen kann.

Als eine sehr beachtenswerthe Eigenschaft der Flüssigkeiten mufs hier endlich noch erwähnt werden, dafs sie die Fähigkeit haben, gewisse andere feste, flüssige und gasförmige Körper in sich aufzunehmen, ohne dafs ihr Volumen der Summe der beiden vereinigten gleich werde. Dafs ihr Volumen durch jede auflösbare Menge mit ihren vereinigten Körpern gar nicht vermehrt werden sollte, wie unter andern Hutton[3] behauptet, ist an sich nicht wahrscheinlich, und streitet gegen die Erfahrung, indem sonst die Zunahmen des spec. Gewichts derselben den Procenten der aufgelöseten Substanzen direct proportional seyn müfsten. Werden z. B. 15 p. C. Kochsalz vom Wasser gelöset, so müfste das specifische Gewicht der Mischung = 1,15 seyn, anstatt dafs es um = 1,11 gefunden wird[4], und gäbe Mischungen von Weingeist und Wasser keine Verminderung des Volumens, so würde das spec. Gew. von gleichen Massen derselben = 1,791 seyn, da keine Verbindung beider = 1 wird.

Schlönbach[5] nimmt rücksichtlich der Salzsolutionen und der Mischungen von Alkohol und Wasser an, dafs das Salz oder der Alkohol nicht in die Zwischenräume des Wassers aufgenommen werden, sondern ihre Volumina, wie aufser dem Wasser beibehalten, dafs aber das Wasser sich um einen aliquoten Theil zusammenziehe, eine allerdings nicht verwerfliche Vorstellung. Hiernach bestimmt er den geometrischen Ausdruck für die Zusammenziehung des Wassers = Z, welcher bei Salzlösungen Z = 0,2 n W und für Mischungen von Weingeist und Wasser Z = 0,15134 n′ W ist, wenn W das Volumen des

1 Vergl. Art. *Gas*.
2 Ann. of Phil. VI. 66.
3 Dict. I. p. 523.
4 S. Bischof bei G. XXXV. 372.
5 G. XI. 175.

e Menge des Wassers, n und n' aber die Menge des trocknen lzes und des absoluten Alkohol's bezeichnet. Eine Vermehng des Volumens der Flüssigkeiten findet endlich auch dann tt, wenn sie Gasarten, insbesondere in grofser Quantität sorbiren [1].

Auffallend ist es übrigens, dafs z. B. Wasser eine gewisse antität Salz, dann noch eine kleine Menge Zucker und noch was Alaun auflösen kann, mit steter Zunahme seines spec. wichtes [2], so dafs also, wenn auch das Volumen etwas verifsert wird, diese Vermehrung dennoch der Masse des hinzunmenden Körpers nicht proportional seyn kann. Uebrigens it sich diese Eigenschaft der Flüssigkeiten als eine mehr allgeine betrachten, indem auch feste Körper sowohl tropfbar-auch elastisch - flüssige Körper in sich aufnehmen, ohne e der aufgenommenen Masse proportionale Vergröfserung des lumens, welches sich indefs leicht aus einer Aufnahme in n Poren der festen Körper erklären läfst. Endlich vereinigen h auch feste Körper, namentlich Metalle, mit einander unter erminderung des Volumens, weswegen das Quantitative der nzelnen Bestandtheile solcher Verbindungen, z. B. des Zinneies, aus dem spec. Gewichte nicht genau gefunden werden nn. Dafs diese Vereinigungen übrigens einen statt gefundei Flüssigkeitszustand als nothwendige Bedingung fordert, f als allgemein bekannt vorausgesetzt werden.

Es ist ferner bekannt, dafs der Flüssigkeitszustand der sten Körper auf dem Einflusse der Wärme beruhet, und da Charakter desselben in der leichten Verschiebbarkeit ihrer ilchen besteht, so mufste nothwendig die Frage auffallen, ind nach welchem Gesetze der Flüssigkeiten, ohne noch im desten fest oder zähe zu seyn, durch Vermehrung der Wärnoch mehr flüssig würden. Gerstner hat hierüber eigends Reihe von Versuchen angestellt, indem er Wasser aus eiblechenen Gefäfse durch ein horizontales Röhrchen fliefsen , und bei gleichem Drucke die in gleichen Zeiten ausgeenen Quantitäten mafs [3]. Aus den erhaltenen Resultaten

---

1 S. *Absorption.* Th. I. S. 63.
2 Hutton a. a. O.
3 Neuere Abh. der Kön. Böhmischen Gesellsch. der Wissenschaf-Prag 1798. III. 141. daraus bei G. V. 160.

folgt, dafs die Wärme das Wasser bedeutend flüssiger mach und zwar ist der Einflufs derselben gröfser bei kleinerem Durch messer der Röhren und geringerer Geschwindigkeit der Bewe gung, am gröfsten ist er in der Nähe des Gefrierpunctes. Z einem bestimmten allgemeinen Gesetze haben indefs seine Ve suche nicht geführt. Uebrigens hängt diese Erscheinung da zusammen, dafs die Adhäsion der Flüssigkeiten an feste Kö per mit zunehmender Temperatur abnimmt, worüber gleichfa noch kein allgemeines Gesetz aufgefunden ist[1].

B Ursachen der Flüssigkeit.

Der Zustand der Flüssigkeit ist nicht im Wesen der Körp gegründet, so dafs er gewissen Substanzen ausschliefslich z käme, vielmehr sind, mit Ausnahme des absoluten Alkoho und des Schwefelkohlenstoffes, alle tropfbare Flüssigkeiten b reits in feste Körper verwandelt, und bei weitem die gröfs Menge der bei gewöhnlicher Temperatur festen Substanzen wi durch hinlängliche Wärme flüssig. Kürzlich hat Brayley[2] z beweisen gesucht, dafs es eigentlich nur zwei Zustände de Körper gebe, nämlich der Festigkeit und der Expansion, zwi schen deren das Flüssigseyn nur als Uebergangsform liege. Al Gründe hierfür erscheinen ihm die bekannten Thatsachen, dafs kein scharfer Unterschied zwischen Gasarten und Dämpfen statt finde, letztere aber nur der erhöheten Temperatur und dem Mangel an Druck ihre Expansion verdanken, wonach also di Flüssigkeiten nur als comprimirte Dämpfe anzusehen wäre ferner dafs auch diejenigen Substanzen, welche aus dem Zu stande der Festigkeit sogleich in den der Expansion überge nur unmefsbar kurze Zeit und unmerkbar im Zustande der Fl sigkeit verweilen. Letzteres zu beweisen wäre eigent überflüssig, da es mehr für seine Behauptung spräche, w recht viele Substanzen sich blofs fest und gasförmig zeig allein es kommt ihm darauf an zu zeigen, dafs zwischen d Festwerden gasförmiger Körper allezeit der Flüssigkeitszus liege. Ohne auf alles Einzelne einzugehen, was für di Meinung gesagt wird, erwähnt Brayley auch das Festwer einer Verbindung aus Ammoniakgas und Kohlensäure,

---

1 Vergl. *Adhäsion*.

2 Ann. of Phil. N. S. LXIX. 192.

cht dieses nach seiner Ansicht zu erklären; weniger gründlich rd die merkwürdige Erscheinung erläutert, dafs der Schwe- erst vollkommen flüssig wird, bei gröfserer Hitze wieder tarret und nach einem abermaligen Uebergange zur Flüssig- it sich verflüchtigt und abgekühlt als Schwefelblumen in Pul- rform erscheint. Dasjenige Argument, welches er als seiner sicht widersprechend anführt, nämlich dafs sowohl Eis als h Schnee bedeutend verdunsten, ist weniger gewichtig, als es ı ihm angeschlagen wird, indem gerade bei Wasser der bergang von Dampf in Dunst und tropfbare Flüssigkeit so ht geschieht, und es noch fraglich ist, ob aus dem Eise und nee eigentlicher Dampf oder nur Dunst gebildet wird, nach meinen Beobachtungen[1] die vom Eise bei — 18°,5 C. rissenen Theilchen sich als feiner Dunst an einer kälteren ndung anlegten, und dann erst zu Eiskrystallen gefroren. llich führt Brayley auch Oersted's Aeufserung zum Be- ise seiner Ansicht an, wonach die Compression tropfbarer ssigkeiten und selbst fester Körper nach gleichen Gesetzen chehen soll, als die der Gasarten, welches indefs noch kei- swegs entschieden ist, und wenn dieses auch wäre, so würde Zusatz Oersted's, „dafs die Zusammenpressung eines pers nur allein in den Uebergangsmomenten aus einem Ag- atzustande in den andern aufhöre, sich nach jenem Gesetze regeln," beweisen, dafs dieser Physiker einen dreifa- Aggregatzustand der Körper annimmt, welcher durch Modification der Gesetze seines Verhaltens beim Ueber- 9 aus dem einen in den andern sich als ein besonderer zeigt. man indefs gerade die hier gewählten Substanzen als Bei- benutzen, und die Compression des Wasserdampfes mit s Wassers vergleichen, so ist die Elasticität mit der Tem- ır wachsend und beim Nullpuncte unmerklich, was bei em keineswegs statt findet. Wollte man übrigens auch men, das Verhalten der Körper gegen mechanische Zu- ndrückung sey bei jedem Aggregatzustande in sofern , dafs, wie bei der Luft, die Dichtigkeit von einem ge- ı Puncte derselben ausgehend der zusammendrückenden proportional wüchse, welches übrigens noch keineswegs en und im Allgemeinen nicht einmal wahrscheinlich ist,

1 S. *Verdunstung*.

so würde dennoch der Zustand der tropfbaren Flüssigkeit sch deswegen als ein eigenthümlicher anzunehmen seyn, weil d zur Vermehrung der Dichtigkeit erforderlichen Druckkräfte na dem Uebergange aus dem Zustande der Expansion in den trop bar-flüssigen bei sehr vielen oder allen expansibelen Flüss keiten sich bedeutend ändern. Unter andern wird Chlorg durch den Druck weniger Atmosphären tropfbar-flüssig, wächst somit um ein Vielfaches seiner Dichtigkeit, würde a zufolge der Analogie aller tropfbaren Flüssigkeiten nach die Veränderung seines Aggregatzustandes einen Druck von v Tausenden von Atmosphären erfordern, um dann nur die dop pelte Dichtigkeit zu erlangen. Nach allem diesen und üb haupt in Gemäfsheit der gesammten Erscheinungen müssen den Flüssigkeitszustand eben sowohl für einen eigenthümlich Aggregatzustand halten, als die beiden übrigen.

Ungleich schwieriger, als diese Entscheidung, ist Beantwortung der Frage, was wohl die physische Ursache d Flüssigkeitszustandes der Körper seyn möge. Nach Gassen und seinen Anhängern wird erfordert, dafs die Atome ein flüssigen Körpers rund, völlig glatt, sehr klein und überall mi Zwischenräumen umgeben sind. Cartesius dagegen setzt die Bedingung des Flüssigseyns in eine stete Bewegung der Elemente eines Körpers, anstatt dafs aus der Ruhe derselben die Festigkeit folgen sollte. Als Beweis hierfür diente eben Hauptcharakter flüssiger Körper, deren Theilchen sich oh merklichen Widerstand über einander hinbewegen lassen, w sie an sich schon in Bewegung seyen, und daher jedem Imp sogleich nachgäben. Einen zweiten Beweis seines Satzes er in der auflösenden Kraft der Flüssigkeiten, deren Theilc nicht ohne Bewegung in die aufzulösenden Substanzen dri könnten, was aber namentlich bei Säuren mit einer grofsen K und dem Vermögen geschehe, die festesten Körper zu tren Endlich könnten feste Körper nicht anders flüssig werden, durch den Zutritt irgend einer aus stets bewegten Theilchen stehenden Substanz z. B. des Feuers, der Luft, des Wa u. a. m. Nach der Ansicht der Cartesianer ist dann die L die eigentliche bedingende Ursache der Flüssigkeit, und t die Bewegung dem Feuer und Wasser mit, eine Behaupt welche aus einer mangelhaften Kenntnifs der Dämpfe entsta zu seyn scheint; die Luft aber erhält ihre Beweglichkeit d

Aether, welcher überhaupt die erste Bedingung aller Be-
ʒung ist[1].

Anhänger dieser Cartesischen Ansicht waren HOOKE und besondere R. BOYLE[2], welcher die innere Bewegung der nsten Theile flüssiger Körper sogar durch Versuche anschau- machen wollte. Zu diesem Ende erhitzte er sehr fein verisirten Gyps in einem Gefäſse, und beobachtete dann an selben eine ähnliche wallende Bewegung, als siedende ssigkeiten zu zeigen pflegen. Wenn er mit einem Stabe in rührte, so entstand eine wellenartige Bewegung, ja die einbaren Wellen schlugen selbst nach Art einer Brandung en die Wände des Gefäſses. Lockerer Sand zeigt ähnliche ußerungen flüssiger Körper, wenn er in einem Gefäſse er- üttert wird, d. h. nach Cartesischer Ansicht, wenn seine eile Bewegung erhalten; namentlich wird dann ein schwere- Körper in ihm niedersinken, ein leichterer aufsteigen. In- ischen bedarf diese Hypothese jetzt keiner Widerlegung mehr, d ist in gewisser Hinsicht schon durch MUSSCHENBROEK[3] ge- gend widerlegt, indem er zeigt, daſs die Theile des stark sammengepreſsten Wassers doch unmöglich in steter Bewe- ng seyn können.

BOERHAVE folgt ohne Zweifel dem bloſsen Ergebnisse der ahrung, wenn er das Feuer oder die Wärme als eigentliche sache der Flüssigkeit angiebt, jedoch ist darunter das Ele- ntarfeuer oder der Wärmestoff zu verstehen, denn dieses bt auch den Gasarten den Flüssigkeitszustand. DR. BLACK gleicher Meinung, und setzt noch hinzu, daſs der verschie- e Grad der Hitze, welche erfordert wird, um diesen Zu- d bei den leichtflüssigen und strengflüssigen Körpern her- zubringen, durch Besonderheiten der Mischung und Zu- mensetzung derselben bedingt sey. Als Beweisgrund für e Behauptung dient ihm vorzüglich die Erfahrung, daſs im ʒemeinen alle Mischungen bei geringeren Graden der Hitze sig werden, als die einzelnen Bestandtheile. NEWTON hat

1 Vergl. Hutton Dict. Art. Fluidity und die nachfolgende Schrift.

2 Fluiditatis et firmitatis Historia. S. Works. Lond. 1665. 'ol. fol. I. 240.

3 Die ausführliche Prüfung der Gründe und Gegengründe findet in dessen Introd. II. p. 483.

sich über das Wesen des tropfbar-flüssigen Zustandes nicht eigentlich erklärt, denn was er als Hypothese zur Erklärung des Flüssigkeitszustandes im Allgemeinen sagt, bezieht sich offenbar auf die Gasform. Dagegen bemerkt s'GRAVESANDE[1] sehr scharfsinnig, die Frage, ob der Flüssigkeitszustand allgemein von der Wärme abhänge, könne deswegen nicht genügend beantwortet werden, weil wir den absoluten Nullpunct, und man darf hinzusetzen, das Verhalten der Körper bei demselben, nicht kennen. Gewifs sey dagegen, dafs nicht blofs verschiedene im gewöhnlichen Zustande feste Körper, als Metalle, Wachs u. s. w. durch Wärme flüssig würden, sondern dafs auch mehrere, unter den gewöhnlichen Bedingungen flüssige, diesen ihren Zustand der Wärme verdankten; wie denn namentlich das Wasser als geschmolzenes Eis zu betrachten sey. MUSSCHENBROEK[2] bestreitet diese Ansicht zum Theil deswegen, weil nach der Hypothese der Cartesianer das Feuer für das ursprünglich Bewegende der Flüssigkeiten galt, und er dieses anzunehmen nicht geneigt ist, zugleich führt er aber als Gegenbeweis an, dafs nach MOSES die Flüssigkeiten schon vor dem Feuer erschaffen wären. Vielmehr scheint ihm das Wesen der Flüssigkeit in einer aufserordentlichen Feinheit der Bestandtheilchen zu bestehen, und er zeigt hiernach nicht blofs, dafs die sogenannten halbflüssigen Körper, als feiner Sand, Pulver u. dgl. bei genauer Betrachtung doch immer noch in ihren einzelnen Theilen kenntlich seyen und sich als Pulver, nicht als Flüssigkeiten darstellten, sondern dafs auch die Wärme blofs durch Verkleinerung der Elemente den Flüssigkeitszustand erzeuge und aus einem unvollkommenern in einen mehr vollkommenen verwandle. Dieses Letztere bezieht sich indefs nicht auf die oben erörterte interessante Untersuchung, nach welchem Gesetze die Flüssigkeit tropfbar-flüssiger Körper mit der Temperaturerhöhung wächst, sondern auf einige das Wesen der Sache nicht eigentlich berührende Erscheinungen, nämlich dafs z. B. Eierweis durch Wärme des Brütens dünnflüssiger wird, dafs sich aus jungem dickflüssigem Weine durch Destillation Spiritus erhalten läfst, aus Harzen ein flüchtiges Oel u. s. w.

Es scheint mir überflüssig, alle Meinungen älterer Physiker

1 Physices Elem. math. II. p. 662.

2 Introd. II. 485.

über die eigentliche Ursache des tropfbar-flüssigen Zustandes der Körper auch nur historisch zu erwähnen, und es möge daher nur noch FONTANA's Erklärung desselben hier Platz finden[1]. Nach seiner Ansicht, wenn man sie kurz darstellt, sind in allen Körpern zwei Kräfte thätig, zuerst die Anziehung, in Folge deren alle Körper fest seyn würden, wenn sie allein wirksam wäre, und es muſs daher noch eine zweite vorhanden seyn, welche verhindert, daſs tropfbare Flüssigkeiten durch mechanische Gewalt zusammengedrückt nicht fest werden. Diese ausdehnende Kraft scheint ihm die Wärme zu seyn, welche daher auch feste Körper tropfbar flüssig macht, jedoch ist es nicht die Wärme allein, welche der Zusammendrückung widersteht, sondern vielmehr die individuelle Lage der Bestandtheile tropfbarer Flüssigkeiten und die hieraus folgende gröſsere Menge von Berührungspuncten kann der zusammendrückenden Gewalt Widerstand leisten. Daſs FONTANA hiernach den Atomen eine verschiedene Form und absolute Härte beilegen müsse, folgt wohl nothwendig aus dieser Hypothese. Vermehrung der Wärme, als des ausdehnenden Principes, bewirkt dann eine Vergröſserung des Volumens der Körper im Allgemeinen, und erzeugt bei gröſserer Steigerung die Dämpfe, welche eben deswegen durch bloſse Entziehung dieses ausdehnenden Principes wieder in den tropfbar flüssigen und festen Zustand zurückehren. Weil aber die Luft einer solchen Veränderung nicht nterworfen ist, so reicht das ausdehnende Princip der Wärme ei ihr nicht hin, sondern das *Phlogiston* ist bei ihr die Urche der Expansion. Die Gründe, worauf diese letztere Hypothese beruhet, verdienen jetzt keine Erwähnung mehr, da e Nichtexistenz des Phlogiston's gegenwärtig hinlänglich eriesen ist, und überhaupt sind seitdem so viele neue Thatsaen bekannt geworden, daſs der Standpunct der ganzen Aufbe dadurch als wesentlich verändert angesehen werden muſs.

Insbesondere hat H. F. LINK[2] das Wesen des Zustandes r Festigkeit und des tropfbar Flüssigseyns zu bestimmen ge-

---

1 S. Opuscules physiques et chymiques. Par. 1785. Im Auszuge Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte. Leipz. 1787. 8. 722.

2 Zuerst in seinem bekannten Werke: Ueber Naturphilosophie. ipz. 1806. S. 175; dann in G. XLVII. 1 ff. endlich in Poggendorff's n. VIII. 25; 151 u. 238.

sucht. Nach ihm ist der negative, gestaltlose, gleichförmige Zustand der Flüssigkeit der ursprüngliche, der der Festigkeit aber der abgeleitete; das Wesen der Flüssigkeit aber wird gegeben, wenn die Wirkungen der anziehenden und abstofsenden Kräfte unter der Oberfläche überall einander aufheben, so dafs sich jedes Theilchen zwischen den übrigen frei bewegt. Bei dieser Darstellung liegt auffallend die Annahme der beiden Kantischen Urkräfte zum Grunde, und sie ist anschaulicher, als wenn später die bloſse Ungleichheit der Anziehungskräfte angenommen wird. Hiernach heiſst es [1]: „Zur Flüssigkeit wird völlige Gleichheit der Anziehungen erfordert, wechselseitiges Aufheben derselben nach allen Seiten;" und an einer andern Stelle: „Die Verschiebbarkeit rührt von den gleichen Anziehungen innerhalb der flüssigen Masse her, eine Ungleichheit dieser Anziehungen macht weniger verschiebbare Theilchen, geringere Flüssigkeit." Nimmt man aber diese Ausdrücke in der gemeinen Bedeutung der Worte, so erklären sie das Wesen der Flüssigkeit durchaus nicht, man mag die erstere oder die letztere Bezeichnung in dieser Hinsicht einer Prüfung unterwerfen. Wenn nämlich die anziehenden und abstofsenden Kräfte sich völlig aufheben, so findet keine Wirkung weder der einen noch der andern statt, und die Molecülen der Flüssigkeiten müfsten sich ohne irgend einen Widerstand trennen lassen, wogegen aufser mehreren andern Erfahrungen schon die Tropfenbildung streitet. Würde also irgend ein Körper von einer Flüssigkeit benetzt, so müfste eine Schicht dieser letzteren von verschwindender Dicke an ihm hängen bleiben, die übrigen Theilchen aber, der Schwere folgend, wie lockeres Pulver herabsinken, ohne einen Tropfen zu bilden. Die spätere Bezeichnung ist ungleich weniger bestimmt. Eine völlige Gleichheit der Anziehungen aller Molecülen setzt keineswegs ein wechselseitiges Aufheben derselben voraus, sondern bloſs den Zustand der Ruhe, welcher aber den festen Körpern mit weit gröſserem Rechte zugeschrieben werden muſs als den flüssigen, beiden aber ohne anderweitige Bedingungen unmittelbar zukommt. Denkt man sich nämlich ein gegebenes Molecül irgend eines festen oder flüssigen Körpers etwa in der Mitte desselben, so wird es von allen Seiten völlig gleichmäſsig an-

1 G. XLVII. 12 u. 13.

n, mufs daher ruhen, wird aber einer Kraft, welche das-
von den begrenzenden Molecülen trennen will, nach al-
ieiten hin gleichen Widerstand entgegensetzen, aufser wo
lätterige Gefüge der Krystalle eine Verschiedenheit dieser
ehung erzeugt.

Die Vorstellungen, welche Link hiernach von der Festig-
und Flüssigkeit hegt, lassen sich am leichtesten beurthei-
wenn man den Weg verfolgt, auf welchem er zu densel-
gelangte. Rumford folgerte nämlich aus seinen bekannten
ıchen[1], dafs das Wasser auf seiner Oberfläche eine Art
Haut bilde, auf welcher kleine Schwimmer liegen bleiben.
leich dieser Satz, wenn er übrigens wahr wäre, blofs vom
sser gültig seyn könnte, und in einer gewissen Eigenthüm-
keit desselben gegründet seyn müfste, so betrachtete dennoch
k dieses als bezeichnenden Charakter des Flüssigkeitszustan-
überhaupt, fand die Ursache des letzteren in einer Gleich-
t der Anziehungen nach allen Seiten, welche eben an der
enze fehlen und daher diesen Zustand aufheben sollte, und
lärte den Festigkeitszustand diesemnach als einen aus der
üssigkeit abgeleiteten und folglich secundären aus einer Aggre-
tion der Elementartheilchen in Form von Blättern mit Zwi-
enräumen. Das blätterige Gefüge mancher Mineralien diente
Unterstützung dieser Hypothese, desgleichen dafs der Flüs-
keitszustand wieder erzeugt wird, wenn ein tropfbar flüssi-
Körper oder auch nur die Wärme die Zwischenräume der
othetischen Blättchen ausfüllt, welche den Zustand der
tigkeit bedingen. Dafs aber Rumford's Hypothese an sich
tatthaft sey, ist im Artikel *Adhäsion* nachgewiesen, und
t auch aus La Place's Theorie der Capillarität, welche das
inomen der auf Wasser schwimmenden Nähnadeln aus an-
n Principien erklärt. Aufserdem läfst sich gegen Link's Hy-
hese ein Mangel an Consequenz vorbringen, indem sie nicht
iebt, warum die Festigkeit der in tropfbar flüssigen Körpern
öslichen Substanzen nicht auch durch das Eindringen der Gase
lie vorausgesetzten Zwischenräume aufgehoben wird? Endlich
r müfsten tropfbare Flüssigkeiten von der einen Seite be-
htet gar nicht zusammendrückbar seyn, wenn man ihre
lecülen in unmittelbarer Berührung mit einander befindlich

1 S. *Adhäsion* Th. I. S. 196.

Digitized by Google

denken wollte, von der andern Seite aber durch mechanischen Druck sogleich fest werden, in sofern durch diesen das bestehende Gleichgewicht der anziehenden Kräfte aufgehoben würde. Solche Einwendungen liefsen sich nur durch neue Hypothesen beseitigen, welches aber ein schlimmes Kennzeichen für eine aufgestellte Theorie ist[1].

In der neuesten Abhandlung sucht Link abermals die Erscheinungen der Festigkeit auf den Conflict einer anziehenden und abstofsenden Kraft zurückzuführen, und hält die hierbei wirkende Ziehkraft für eine andere als diejenige, welche der Schwere zum Grunde liegt, weil jene in einer andern abstofsenden einen Gegensatz habe, diese dagegen nicht. Das hierbei beobachtete Verhalten soll dann auf das bei allen polarischen Erscheinungen vorwaltende Gesetz zurückkommen, dafs gleichliegende Puncte einander abstofsen, ungleichliegende aber anziehen. Bei der Prüfung des Beweises für diese Hypothese kann man sich indefs der Furcht nicht erwehren, die Sache misverstanden oder schief aufgefafst zu haben, und auf allen Fall ist er nicht auf eine solche Weise klar und stringent,

1 Zur Unterstützung der Hypothese, dafs Gleichheit der Anziehung die Flüssigkeit, Ungleichheit derselben die Festigkeit bedinge, hat man das Festwerden des Seifenschaumes angeführt. Indefs kann diese, auf den ersten Blick täuschende, Erscheinung die vielen Gegengründe gegen diese Theorie nicht aufheben, namentlich dafs ein Element von Eisen im Mittelpuncte einer eisernen Kugel durchaus gleichmäfsiger Anziehung nach allen Seiten hin unterworfen seyn mufs, und doch nicht flüssig ist. Welches ist aufserdem der Unterschied der Anziehung, welche ein gegebenes Volumen Blei in einer flüssigen und in einer festen Masse dieses nämlichen Metalles erleidet? Von der andern Seite müfsten Oel und Wasser, oder die vier Flüssigkeiten des Elementarglases, durch einander geschüttelt, sofort fest werden, auch könnte man das Nämliche vom Nebel und den Wolken erwarten, oder vom Wasser, wenn man das sogenannte Sieb der Vestalinnen hineinsenkt und Luft durch die feinen Löcher desselben bläst, welche dann in zahlreichen Blasen aufsteigt. Das Festwerden des Seifenschaumes dagegen erklärt sich aus der Zähigkeit der dünnen Häute, welche die zahllosen kleinen Luftblasen umgeben. So ist der Schaum des stark petillirenden Selterwassers selbst wenn er gewaltsam aus der geöffneten Flasche steigt, gar nicht zähe, Champagnerschaum etwas zäher, Bierschaum noch mehr, und Seifenschaum wirklich fest, alles nach dem Grade der Zähigkeit, welchen die Schaum bildende Flüssigkeit besitzt.

ſs er Ueberzeugung hervorzubringen vermöchte. Link stellt mlich die getrennten Theile der festen Körper als Linien r, welche beim Zerreiſsen eine Drehung um ihr Centrum erlten, wonach dann das Ende der Linie angezogen, das andere gestoſsen werden soll. Allein wo liegt der Beweis, daſs die olecülen der Körper eine lineare Form haben? Selbst in dem lle, wenn feste Körper gebogen werden, ist eine solche eare Anordnung der Theile nicht anzunehmen, vielmehr ird durch äuſsere Gewalt die Form der Körper geändert, inm die Elemente derselben entweder einander näher gerückt erden, als sie im Zustande des Gleichgewichtes sind, oder eiter von einander entfernt, bis sie über die Grenze ihrer Atactionssphäre gebracht sich trennen; nach der Ansicht anderer ber findet beides gleichzeitig statt, niemand hat indeſs noch ine lineare Drehung um den Mittelpunct der die Elemente arstellenden Linien angenommen. Ueberhaupt muſs die Erlärung des Zustandes der Festigkeit und Flüssigkeit entweder lynamisch oder atomistisch seyn. Im ersteren Falle verlieren ich die Elemente der Körper selbst in Kräfte, und sind fest bei überwiegender Ziehkraft, wobei eine weitere Aufsuchung les Causalen eigentlich wegfällt; im zweiten Falle, hauptsächch nach der Ansicht der französischen Physiker seit Haüy, sind ie Molecülen der Körper gleichfalls Körper, haben demnach usdehnnng nach drei Dimensionen, wie klein sie auch seyn ıögen, ihre Aggregation ist Folge ihrer Anziehung in beimmten Richtungen ihrer Axen, und der Zustand der Festigeit, Flüssigkeit und Gasform wird durch den Einfluſs der Värme in demjenigen Sinne bewirkt, welchen La Place's gleich zu erwähnende Hypothese hierüber angiebt, in keiem Falle aber kann bei der Biegung eines festen Körpers an neare Elemente, oder linear zusammengeordnete Elemente, elche sich um ihren Mittelpunct drehen gedacht werden. Venn man z. B. einen Wollaston'schen Platindraht, also nen festen Körper, abreiſst, wie kann hierbei an eine solche rehung, überhaupt an einen Conflict einer anziehenden und ostoſsenden Kraft, beide als Ursache der Festigkeit angenomıen, gedacht werden? Endlich dürfte man auch fragen, wo . B. bei einem tropfbar flüssigen oder erstarrten Schrotkorne, der etwa bei einem würfelförmigen Krystalle Fluſsspath, eiem unleugbar festen Körper, die gleichliegenden und die un-

gleichliegenden Puncte anzunehmen sind, wovon jene zur Erklärung der Festigkeit sich abstofsen, diese sich anziehen sollen? Habe ich also die mit den eigenen Worten ihres Erfinders widergegebene Hypothese richtig verstanden, so ist sie zur Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper eben so ungenügend, als die frühere war[1].

Eine Hypothese, wonach v. GROTTHUSS[2] den Flüssigkeitszustand aus einer steten, durch *Galvanismus* erzeugten, Bewegung der Atome ableitet, jenen Galvanismus aber wieder als das Resultat einer Verschiedenheit der Bestandtheile betrachtet, woraus nach seiner Ansicht alle Flüssigkeiten, auch die bisher für gleichartig gehaltenen, bestehen sollen, kann unmöglich Beifall finden. Hiernach müfste eine Mischung von Zink und Silber, welche rücksichtlich ihres galvanischen Verhaltens weit von einander abstehen, flüssig bleiben, ja die beiden Metalle müfsten in der Berührung flüssig werden. Ob man ferner annehmen darf, dafs der Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser noch mit ihrer eigenthümlichen galvanischen Thätigkeit neben einander bestehen, und nicht ein neues, individuell galvanisches, Ganzes bilden, ist sehr fraglich. Im Ganzen aber ist die Theorie unhaltbar, weil sie in gewisser Hinsicht voraussetzt, dafs ein Körper erst flüssig seyn müsse, und dann seine Bestandtheile die Bewegung als Ursache ihres Flüssigkeitszustandes durch Galvanismus erhielten.

Schon an mehreren Orten dieses Werkes[3] ist LA PLACE's Hypothese erwähnt, wonach er den verschiedenen Zustand der Körper rücksichtlich ihrer Festigkeit, Flüssigkeit oder Gasform aus dem Einflusse der Wärme ableitet, und sie mufs noch einmal im Artikel *Gas* vollständig untersucht werden. Hier wird es also genügen sie zunächst nur in so weit zu betrachten, als sie sich auf den Zustand des tropfbar Flüssigseyns bezieht[4].

---

1 Da diese Hypothese die allerneueste jetziger Zeit ist, so konnte eine ausführliche Prüfung derselben hier nicht übergangen werden.

2 G. LXI. 63.

3 S. *Abstofsung* Th. I. S. 125. *Anziehung* ebend. S. 3.. *Atmosphäre* ebend. S. 497. *Cohaesion* Th. II. S. 130. *Elasticität* Th. III. S. 217.

4 Vergl. *Gas*.

:h La Place[1] hängt die Aggregatform der Körper, ob sie
:, flüssig oder gasförmig sind, davon ab, dafs jedes Molecül
es Körpers dem Conflicte dreier Kräfte unterworfen ist,
ılich der Anziehung der umgebenden Molecülen, zweitens
Anziehung des Wärmestoffes jener Molecülen, drittens der
pulsion seines Wärmestoffes durch den Wärmestoff jener
lecülen, indem jene beiden Vereinigung bewirken, die
ztere Trennung. Eine Anziehung der Molecülen der Körper
gen den Wärmestoff, oder umgekehrt, ergeben die Erfahrun-
ı auf die evidenteste Weise, denn ohne diese würde der
ärmestoff die Körper sofort verlassen und sich mit der Um-
bung in Gleichgewicht setzen, welches aber bekanntlich nicht
schieht; die Abstofsung des Wärmestoffes in sich selbst ist
er aus dem Verhalten der Gasarten und Dämpfe abstrahirt,
elche sowohl überhaupt als auch insbesondere im Verhältnisse
rer Temperatur ein Bestreben nach steter Ausdehnung zeigen.
ı Zustande der Festigkeit ist jene erstere Kraft überwiegend,
ıd die Molecülen sind, mit Rücksicht auf ihre Gestalt, nach
ırer stärksten Attraction vereinigt. Die Vermehrung der
Värme schwächt den Einflufs der Form der Molecülen, und
enn dieser sehr geringe wird oder verschwindet, so werden
e Körper durch die überwiegende Thätigkeit der zweiten Kraft
issig. Wird die dritte überwiegend stark gegen die beiden
sten, so entfernen sich alle Theile der Flüssigkeit von ein-
der und werden expandirt.

Die Hypothese empfiehlt sich ausnehmend durch ihre ge-
ue Uebereinstimmung mit einer grofsen Menge von Erchei-
ıngen. Dahin gehört hauptsächlich, dafs die Wärme alle
örper ausdehnt[2], die Kälte dagegen zusammenzieht, und zwar
t einer ihrer Cohäsion fast ganz gleichen Kraft. Man kann
h dieses daraus erklären, dafs die Attractionskraft der Mole-
len ungehindert ihre Thätigkeit ausübt, wenn ihr nicht durch
s repulsive Princip der Wärme entgegengewirkt wird. Vor
en Dingen aber stimmen mit dieser Hypothese die zahlrei-
en Erscheinungen überein, dafs so viele feste Körper, na-
entlich die Metalle, durch Wärme aus dem Zustande der Fe-
gkeit in den der Flüssigkeit und endlich der Gasform über-

1 Ann. Ch. et Phys. XXI. 22.

2 S. *Ausdehnung* I. 557.

gehen, und bei dieser Veränderung ihres Aggregatzustandes eine so große Quantität Wärme binden, obgleich aus Ritter's Behauptung, daß die beim Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand latent werdende Wärme bei allen Körpern 77° C. betrage, mit der Erfahrung nicht übereinkommt[1]. Endlich gehört dahin auch noch das bekannte Phänomen, daß durch Zusammendrückung aller Körper Wärme ausgeschieden wird. Kämtz[2] findet einen Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese auch darin, daß die *Fluidität* der tropfbaren Flüssigkeiten bei den leichtesten am größten ist, der Siedepunct aber bei den letzteren am tiefsten liegt. Als einen Beweis der ersteren Behauptung führt er an, daß wenn Quecksilber, Wasser, Weingeist und Naphtha, jedes in einem besonderen Gefäße, gleichmäßig geschüttelt werden, die Undulationen so viel später aufhören, je leichter die Flüssigkeiten sind. Nach beiden Sätzen muß man also annehmen, daß die Molecülen der leichteren Flüssigkeiten durch den Wärmestoff weiter von einander gehalten werden, und daß eine geringere Vermehrung des letzteren erfordert wird, um die gegenseitige Attraction der Molecülen bis zur Erzeugung der Dampfform völlig zu überwinden. Obgleich indeß beide durch Kämtz aufgestellte Sätze in dem Verhalten verschiedener Flüssigkeiten eine auffallende Bestätigung finden, so können sie doch auf Allgemeinheit keineswegs Anspruch machen. Die fetten Oele, z. B. sind sämmtlich spec. leichter als das Wasser, haben aber eine weit geringere Fluidität, und in Beziehung auf den Siedepunct liegt derselbe namentlich bei der wasserfreien schweflichen Säure nach Bussy[3] bei —10° C. und dennoch ist ihr spec. Gew. = 1,45, bei der Salzsäure aber liegt der Siedepunct bei 48° C. und doch ist ihr spec. Gewicht = 1,1978 und andere Anomalien mehr.

Die letztgenannten Argumente können indeß die Hypothese La Place's an sich nicht widerlegen, verdienen aber bei der Würdigung derselben im Allgemeinen nicht übersehen zu werden. Es kommt hier ferner nicht als etwas dieser Ansicht Entgegenstehendes in Betrachtung, daß wir das Wesen der Wärme noch nicht genau kennen, und es also nicht als ausge-

---

1 G. IV. 13. Vergl. *Schmelzen.*

2 Hall. Allgem. Liter. Zeitung 1826. No. 270.

3 Schweigg. Journ. N. F. II. 452.

acht ansehen dürfen, ob man sich unter derselben eine äther-
tige Materie oder eine für sich bestehende Kraft oder endlich
ne bloſse Modification der Körper selbst zu denken habe[1],
elches allerdings dann zu erörtern ist, wenn eine Bestimmung
rüber verlangt wird, ob die Wärme das einzige, in der Na-
r existirende, Princip der Repulsion ist, und ob sie diese Ab-
oſsungskraft durch sich hat oder wiederum einer für sich be-
ehenden, der Anziehung widerstrebenden, Kraft verdankt.
ı Place entscheidet bei der Aufstellung seiner Hypothese
er diese Fragen nur zum Theil, indem er ein Angezogen-
erden der Wärmetheilchen durch die Molecülen der Körper
d eine gegenseitige Abstoſsung jener unter einander annimmt,
lglich ein materielles Wesen mit inwohnender Repulsionskraft
oraussetzt, ohne zu bestimmen, woher die letztere ihren Ur-
rung habe. Läſst man diese, bei der Wärmelehre nochmals
zustellende Untersuchung hier vorläufig auf sich beruhen, so
uſs man gestehen, daſs die Laplace'sche Hypothese den Erschei-
ngen auf eine ausgezeichnete Weise angemessen ist, und wir
önnen sie also zur Erklärung des tropfbar flüssigen und gas-
rmigen Zustandes der Körper ganz so annehmen, wie sie
urch den scharfsinnigen Geometer aufgestellt ist, jedoch muſs
bei zunächst in Beziehung auf den Zustand der tropfbaren
issigkeit noch Folgendes berücksichtigt werden.

1. Nicht alle Körper sind bei der nämlichen Temperatur
pfbar flüssig. Dieses läſst sich bis jetzt noch nicht anders
lers erklären als aus der Voraussetzung, daſs die Molecülen
verschiedenen Körper eine ungleiche Anziehungskraft ha-
, welche daher durch die eindringende, und von den ein-
nen Körpern mit ungleicher Stärke angezogene, Wärme
t auf gleiche Weise überwunden werden kann. Uebri-
s ist bis jetzt noch kein bestimmtes Verhältniſs zwischen der
äsion, der specifischen Wärmecapacität, dem spec. Gewichte
dem Schmelzpuncte der verschiedenen schmelzbaren Kör-
aufgefunden, und ein constantes Gesetz scheint hierüber gar
t vorhanden zu seyn[2], weswegen man nicht wohl umhin

1 Vergl. *Abstoſsung* Th. I. S. 126.
2 Das von Dulong und Petit aufgefundene wichtige Gesetz
ein constantes Verhältniſs zwischen den Atomgewichten und

kann, bei den Körpern insgesammt eine individuelle Beschaffenheit der einzelnen Elemente anzunehmen[1].

2. Man müſste eigentlich erwarten, daſs zusammengesetzte Körper bei einer Temperatur flüssig würden, welche die Summe der Producte ihrer Massen in die Temperaturen ihrer Schmelzpuncte dividirt durch ihre beiderseitigen Massen ist; allein dieses stimmt nicht mit der Erfahrung überein. In sehr vielen Fällen sind nämlich alle zusammengesetzte Körper leichter schmelzbar als ihre einzelnen Bestandtheile, in andern dagegen, z. B. beim Schwefelblei, werden sie schwerer schmelzbar[2]. Auſserdem aber geben, ohne den Einfluſs einer erhöheten oder verminderten Temperatur, manche vereinigte Gasarten tropfbarflüssige oder auch feste Körper, und tropfbare Flüssigkeiten, mit einander vereinigt, erscheinen als fest. Als Beispiele mögen hier erwähnt werden, die Verbindung des Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas zu Wasser, des salzsauren- und Ammoniak-Gas zu Salmiak, desgleichen als noch auffallender, daſs ein Maſs Fluorborongas mit zwei Maſs Ammoniakgas tropfbar-flüssig, gleiche Maſse von beiden vereinigt aber fest werden. Eine Verbindung von Schwefelsäure mit einer gesättigten Solution von kaustischem Natron krystallisirt nach dem Erkalten, und liefert feste Krystalle, welche das vorhandene Wasser als Krystallisationswasser enthalten. Ein zwar im Wesentlichen minder bedeutendes, aber des augenblicklichen Erfolges wegen auffallenderes und daher bekannteres Beispiel des Festwerdens tropfbarer Flüssigkeiten ohne Temperaturverminderung ist, wenn man eine gesättigte Solution von salzsaurem Kalke mit einem etwa gleichen Volumen verdünnter Schwefelsäure (1 Th. S. 1 Th. Wasser) mischt, und die Masse sofort consistent wer-

---

spec. Wärmecapacitäten der Körper verweise ich unter den A. *Wärme.*

1 Avogadro's Untersuchungen, welche mit dieser Frage einig Zusammenhang haben, können hier nicht mitgetheilt werden. S. Memorie della Reale Acad. della Sc. di Torino. XXX u. XXXI. V. *Materie.* Auch Parrot's indirecter Einwurf gegen diese Hypothese La Place's, welchen er aus dem ungleichen Verhältnisse der Cohäsion und Wärmecapacität der Körper hernimmt. S. Theor. Nat. I. 89, fällt weg, wenn man den Molecülen der verschiedenen Körper eine verschieden starke Anziehungskraft gegen einander und gegen die Wärme beilegt.

2 Vergl. *Schmelzen.*

cht. Hierbei verbindet sich die Schwefelsäure mit dem Kalke Gyps, welcher im Wasser unlöslich ist, und die verdünnte lzsäure in seine Zwischenräume aufnimmt. Das Factische erbei ist, daſs die Molecülen des Kalkes mit Salzsäure vernden eine gröſsere Neigung zum Flüssigseyn haben, als enn sie mit Schwefelsäure vereinigt sind, und zwar in einem überwiegenden Grade, daſs im letzteren Falle selbst die zwihen den Gypstheilchen befindlichen Flüssigkeiten, nämlich lzsäure und Wasser, die Verwandlung in einen festen Körr nicht hindern, ohne daſs eine veränderte Temperatur hieri wirksam ist. Als Erklärung nach La Place's Hypothese nn angeführt werden, daſs wegen groſser Affinität zwischen hwefelsäure und Kalk, wovon erstere noch obendrein einen ringen Grad von Fluidität und ein groſses spec. Gewicht hat, ne sehr innige Verbindung beider Substanzen eintritt, worch einige Verdickung und Ausscheidung von etwas Wärme s Folge geringer Wärmecapacität verursacht wird. Hiernach nnen dann die vergröſserten Molecülen des Gypses ihrer ttraction ungehinderter folgen, und sich zu einem festen Köreer vereinigen, welcher ohnehin leicht krystallisirt, und dabei sein Gefüge eine Menge Wasser theils als Krystallisationsasser, theils als zwischen den vereinigten feinen Nadeln des ystallisirten Gypses mechanisch eingeschlossen aufnimmt, weles, wie oben erwähnt ist, in einem solchen gebundenen Zunde das Flüssigseyn nicht herbeiführt. Aehnliche Erscheingen giebt eine Mischung aus gesättigten Lösungen von salzrem Kalke und schwefelsaurem Natron, wobei die Säuren e Salzbasen wechseln; auch kann man alle Präcipitate dahin hnen, welche durch Vermischung von Solutionen mit tropfen Flüssigkeiten entstehen. Hierbei kommt dann der Ueberg der gelösten Substanz aus dem Flüssigkeitszustande in den Pulverform oder einer consistenten Masse zugleich auch darhinaus, daſs der flüssige Körper der neuen Verbindung den ssigkeitszustand zum Theil vielleicht wegen geringerer Affiit zu demselben nicht mehr zu ertheilen vermag.

3. Es reihen sich hieran diejenigen Erscheinungen, welche bei einigen Substanzen zeigen, nämlich daſs sie in niedri- Temperatur flüssig, in höherer gerinnen, also bei vermehrter rme aus dem liquiden Zustande in einen minder liquiden, eren, übergehen. Dahin gehört vorzüglich der Eiweiſsstoff,

Käsestoff und einige andere Körper. Man kann diese Art des Verhaltens ohne grofse Schwierigkeit schon dann mit der aufgestellten Hypothese vereinigen, wenn man annimmt, dafs die Molecülen der genannten Substanzen durch den Einflufs der Wärme eine vermehrte Anziehungskraft zu einander erhalten, während die zum Wasser geschwächt wird, weswegen sie sich einander mehr nähern, das flüssig machende Wasser aus ihren Zwischenräumen entfernen und daher eine gröfsere Dichtigkeit und mehr Festigkeit erhalten. Alle diese Körper werden nämlich nicht an sich durch den Einflufs der Wärme flüssig, sondern durch ein mit ihnen verbundenes Fluidum, dessen auflösende Kraft aber durch Wärme nicht vermehrt sondern vielmehr vermindert wird.

Aufserdem aber ist das Verhalten dieser Körper in Beziehung auf die Wirkungen der Wärme nicht rein, sondern es kommt dabei der Einflufs chemischer Verwandtschaften in Betrachtung. Der Käsestoff z. B. gerinnt in frischer Milch nur an der Oberfläche beim Zutritte der atmosphärischen Luft und also muthmafslich durch den Beitritt des Sauerstoffes aus derselben; ist er aber in der älteren Milch schon geschieden, so hat sich auch Säure gebildet, durch deren Einflufs derselbe beim Erhitzen erhärtet. Ob nicht bei der Erhärtung des Eiweifsstoffes etwas Aehnliches durch den Beitritt des im Wasser enthaltenen und aus der Luft hinzutretenden Sauerstoffes geschehe, bleibt immer fraglich.

4. Ungleich schwieriger ist es, das allerdings räthselhafte Verhalten des Schwefels in verschiedenen Temperaturen überhaupt zu erklären, oder insbesondere auch mit der aufgestellten Hypothese in Einklang zu bringen. Es ist nämlich allgemein bekannt, dafs dieser Körper durch Hitze tropfbar flüssig wird und einen bedeutenden Grad der Fluidität erhält, durch weitere Vermehrung der Wärme aber eine braun-röthliche Farbe annimmt, dabei wieder in den Zustand der Zähigkeit übergeht, und bei noch gröfserer Hitze abermals flüssig geworden aus diesem Zustande sich verflüchtigt. Man kann dieses allerdings seltsame Phänomen am leichtesten beobachten, wenn man eine Glasröhre von 1,5 Fufs Länge und 0,3 bis 0,5 oder 0,75 Z. Durchmesser, nachdem sie an einem Ende zugeblasen ist, etwa 0,6 ihrer Länge mit Schwefel füllt, das offene Ende mit einem Korke leicht verstopft und über Kohlen erhitzt. Es läfst

dann der Schwefel über Kohlen leicht schmelzen, wobei seine vollkommene Flüssigkeit beobachten kann, durch ;esetzte Erhitzung wird er aber zähe, geht jedoch wieder en Zustand der Flüssigkeit über, wenn man ihn nach dem h Hitze erfolgten Erstarren etwas erkalten läfst. Will auch die Sublimation beobachten, so darf man die Erıng nur fortsetzen, wodurch er nach abermaligem Flüssigden vermocht wird, sich im oberen Ende der mit Papier verstopften Röhre als feines Pulver (sogenannte Schwefelnen) anzusetzen. Dafs der Schwefel bei der eben beschriem Festwerdung sich verdichte und an Volumen abnehme, be ich bei wiederholten Versuchen ohne genaue Messungen bachtet zu haben[1].

Wenn der Schwefel wirklich ein einfacher Körper ist, wie Chemiker bis jetzt annehmen, so ist dieses Verhalten desselhöchst räthselhaft, und die Natur bietet kein bis jetzt bentes analoges irgend eines Körpers dar. Mit La Place's eorie ist es an und für sich genommen ganz unverträglich, in man würde auf ein einzelnes Phänomen zu vieles Gewicht ;en, wenn man eine übrigens so consequente und so viele scheinungeu erklärende Hypothese um seinetwillen sofort aufen wollte. Eine Vermehrung der Wärme mufs zwar die zelnen Elemente jedes Körpers mehr von einander entfernen, daher im Allgemeinen die Fluidität verstärken, allein bei r so räthselhaften Potenz, als die Wärme ist, kann man doch mindestens vorstellen, dafs bei einer gewissen Intenderselben die Theilchen der erhitzten Körper eine indiıelle Lage annehmen, vermöge welcher sie sich einander ker anziehen, und daher einen verminderten Grad des Fluit zeigen. Ob sie in diesem eigenthümlichen Zustande eine von Krystallisation zeigen, ist durch Versuche noch nicht ;emittelt, und überall schwer bestimmbar, inzwischen deudie Veränderung der Farbe des Schwefels und seine gerin-Durchsichtigkeit in dem genannten Zustande allerdings auf veränderte Lage seiner Molecülen. Man könnte in gewis-

---

1 Nach Osann Beiträge zur Chemie und Physik. Jena 1822. 8. 9 schmilzt der Schwefel bei 75° R., wird bei 102° R. zähe, bei wieder dünnflüssiger, siedet bei 195° R. und kann beim Erkalin einer Temperatur von 60°,5 R. noch flüssig erhalten werden.

ser Hinsicht dieses sein Verhalten mit dem des Wassers vergleichen, welches aus dem Eise dargestellt durch Vermehrung der Wärme zuerst den Zustand der gröfsten Dichtigkeit erhält und von diesem an durch die Wärme nach einem gewissen Gesetze ausgedehnt wird. Inzwischen mag dieses nur als ein Versuch gelten, ein Phänomen zu enträthseln, welches seine vollständige Aufklärung erst in der Zukunft erwartet. Schweigger[1] findet die Ursache desselben in einer eigenthümlichen *Krystall-Elektricität*[2], welche den Elementen der Körper angehörend den Einflufs der Wärme auf dieselbe modificiren soll; allein Osann[3] wendet hiergegen mit vollem Rechte ein, dafs die Existenz einer solchen eigenthümlichen Elektricität noch nirgend nachgewiesen und ihre vermeintliche Modification des Einflusses der Wärme überall noch nicht dargethan ist. Wir wissen zwar, dafs die Elektricität bei vorzüglicher Intensität Wärmeentwickelung erzeugt, dafs sie aber die Wirkungen der Wärme aufheben sollte, dafür spricht keine der bis jetzt bekannten Thatsachen, und sollte die Krystall-Elektricität dieses bewirken, so müfste zuvor ihr Unterschied von der gemeinen Elektricität und der Grund, worauf sich dieses ihr Verhalten stützt, genügend dargethan werden. Osann[4] hält dagegen den Schwefel für keine einfache Substanz, und nimmt an, dafs das Lösungsmittel desselben, welches durch den Einflufs der Wärme seinen Flüssigkeitszustand herbeiführe, bei erhöheter Temperatur mit geringerer Kraft auf die gelösete Substanz wirke, diese daher ausgeschieden und fester werde. Nach dieser Ansicht reihet er diese Erscheinung an die unter No. 5 zu erwähnenden an, allein eine genauere Prüfung ergiebt, dafs sie unter diese Classe nicht gehört. Einen Beweis für die Zusammensetzung des Schwefels findet er hauptsächlich in diesem seinem Verhalten bei verschiedenen Graden der Hitze, und namentlich in der Veränderung seiner Farbe. Allein auf der einen Seite liegt in dem Uebergange des Schwefels aus dem Zustande der Festigkeit in den der Flüssigkeit und dann wieder zur Zähigkeit und abermals zur Flüssigkeit durch blofse Vermehrung der Hi

1 Dessen Journ. V. 49.
2 Vergl. *Krystall-Elektricität.*
3 G. LXIX. 283 u. 298.
4 a. a. O. S. 297.

ı Grund, auf sein Zusammengesetztseyn zu schließen, auf andern würde es sogar schwierig seyn aus optischen Grün- nachzuweisen, warum der aus dem Flüssigkeitszustande ler zähe gewordene Schwefel nicht die Farbe des festen ler erhalten sollte, da an eine Entmischung desselben oder Hinzukommen eines Bestandtheiles nicht zu denken ist. lich aber enthält OSANN's Hypothese keine eigentliche Er- ing, sondern schiebt diese nur etwas weiter hinaus. Den- wir uns nämlich den Schwefel aus einem Auflösungsmittel einer auflöslichen Substanz zusammengesetzt, und wird ıuflösende Kraft des ersteren durch Hitze so sehr verstärkt, der Flüssigkeitszustand beider vereinten Substanzen dadurch ıgt wird, worin sollte der Grund liegen, daſs die ver- rte Wärme diese Kraft schwächte, und die noch stärker nehrte sie wieder herstellte? Wenn OSANN sagt, das auf- nde Mittel werde stärker ausgedehnt, und seine Theile nten sich dadurch mehr von dem aufgelöseten Körper, so die Molecülen des letzteren ihrer eigenthümlichen Anzie- g ungehindert folgen könnten, so müſste die zunehmende ze diese Trennung, und somit auch die Festigkeit des auf- iseten Körpers fortwährend vermehren, welches aber gegen Erfahrung streitet.

5. Wäre OSANN's Erklärung die richtige, so fiele die an- bene Erscheinung mit einer andern, fast gleich räthselhaf- zusammen, nämlich der Lösbarkeit des Kalkes im Wasser. TON nahm wahr, daſs dieser Körper mehr heiſses Wasser einer Lösung bedürfe als kaltes, PHILLIPS aber hat durch uere Versuche gefunden, daſs 1 Theil Kalk, 656 Theile ser von 0° C., 752 Theile von 15°,6 und 1280 Th. Was- von 100° zu seiner Lösung erfordert, so daſs daher das bei sättigte Kalkwasser bei 100° viel Kalk in kleinen Krystal- ıbsetzt [1]. Sollte dieses Phänomen dem eben angegebenen g gleich seyn, so müſsten die in höherer Temperatur gebil- ı Krystalle in noch höherer wieder aufgelöset werden, worüber keine Versuche vorhanden sind, welches aber nicht wahr- nlich ist. Eine festbegründete befriedigende Erklärung r Thatsache scheint mir für jetzt noch zu fehlen, Hypothe-

---

DAVY System II. 331. PHILLIPS Ann. of Phil. I. 107. Vergl. melin Handbuch 3te Aufl. I. 642.

sen ließen sich wohl ohne große Schwierigkeit auffinden; de Unterschied beider Phänomene, des beim Schwefel und d beim Kalke sich zeigenden wird weiter unten angege werden.

6. Es giebt noch einige bekannte und vielleicht noch ve schiedene unbekannte Verbindungen, welche durch erhöh Temperatur minder flüssig werden, gerinnen oder erstarr Da ich mich nicht zu weit in das Gebiet der Chemie verirr darf, so erwähne ich nur kurz die wichtigsten und bekann sten derselben[1]. Diese sind die von Lassonne[2] und Osan aufgefundenen Verbindungen von weinsteinsaurem Kali und Na tron mit Kalk und Strontian, desgleichen von Zucker und Ka und die von Gay-Lussac[4] angegebene essigsaure Thon sobald sie gewisse andere Salze beigemischt enthält, wie die bei ihrer Darstellung aus Alaun und Bleizucker der Fall is Alle diese Verbindungen haben das Eigenthümliche, dass s nach der verschiedenen Stärke ihrer Concentration in ungleiche höheren Temperaturen gerinnen, wobei einer der Bestandthe ausgeschieden wird, welcher sich aber beim Erkalten der Flüssig keit in derselben wieder auflöset, und daher bei geringerer Wärm durch das Filtrum geht, wenn er bei höherer auf demselbe zurückbleibt. Osann ist geneigt, auch dieses Verhalten mit dem des Schwefels in Parallele zu setzen, und beide auf gleiche Weise zu erklären; ungleich leichter und der Natur der Erschei nung selbst angemessener scheint es mir aber zu seyn, wen man annimmt, daß das Wasser, welches den Flüssigkeitsz stand der verschiedenen vereinigten Substanzen unter Mitw kung eines wechselseitigen Einflusses derselben auf einan erzeugt, bei erhöheter Temperatur mit einem oder einige ner Substanzen inniger verbunden, eben dadurch von e oder mehreren derselben aber getrennt wird, und somit Ausscheidung, also eine Gerinnung derselben bewirkt. Ganze kommt folglich auf ein durch die Temperatur bed ungleiches Spiel der Verwandtschaften jener aufgelöseten S zurück, indem noch obendrein bei den meisten jener Ve

1 Vgl. Schweigg. J. V. 49.
2 Mém. de l'Acad. Étrang. 1773. 214.
3 G. LXIX. 283.
4 Ann. de Chim. LXXIV. 195.

ngen der Kalk sein unter No. 5. angezeigtes Verhalten gleich-
ls wahrnehmen läfst, und auf allen Fall sind diese Erschei-
ngen nicht geeignet, als Argumente gegen LA PLACE's
ieorie benutzt zu werden.

7. Das bekannte, von MUSSCHENBROEK zuerst beobachtete, n BLAGDEN[1] genauer untersuchte Phänomen, dafs reines und ıig stehendes oder nur wenig bewegtes Wasser tief unter den frierpunct erkaltet werden kann, nach erfolgter stärkerer Be-:gung aber, oder bei der Berührung mit einem Eiskrystalle gleich gefriert und eine höhere Temperatur annimmt, kann r scheinbar als gegen LA PLACE's Hypothese streitend be-.chtet werden, da es genau genommen einen bedeutenden :weis dafür liefert[2]. Man könnte allerdings sagen, dafs die ärme das unter dem Gefrierpunct erkaltete Wasser verlasse, ıd wenn man jene als das repulsive Princip betrachte, welches s feste Eis in tropfbar flüssiges Wasser zu verwandeln ver-öge, so müsse auch umgekehrt die Entziehung derselben den ustand der Festigkeit wieder herbeiführen, wenn nicht andere rsachen, namentlich attractive und repulsive Kräfte dabei irksam wären. Eine Würdigung der letztern Hypothese wird ogleich folgen, hier wird aber vorläufig erfordert nachzuwei-:n, wie sehr das eigentliche Verhalten der in Frage stehenden rscheinung die Hypothese von dem Bedingtseyn des festen ler tropfbar flüssigen Zustandes der Körper durch Wärme ıterstütze. Wollen wir nämlich das genannte Phänomen nach A PLACE's Hypothese erklären, so müssen wir annehmen, ıfs bei allmäliger Entweichung der Wärme die Molecülen des 'assers einander in Folge ihrer Attraction näher kommen, wo-it zugleich eine Zunahme der Dichtigkeit verbunden ist, und eses dauert so lange, bis das Wasser den Punct seiner gröfsten ichtigkeit erreicht hat. Dieses merkwürdige Verhalten, näm-:h dafs eine Flüssigkeit vor ihrem Festwerden durch Kälte ıvor am dichtesten wird, ist dem Wasser vermuthlich deswe-

1 Phil. Trans. LXXVIII. I. 125 u. 277.

2 Biot Traité. I. 253. erzählt dieses Phänomen ausführlich, und eht im Allgemeinen die Wärme als Ursache der Repulsion an, ohne ı entscheiden, ob sie das repulsive Princip selbst sey, oder nur ne eigenthümliche Repulsivkraft besitze; auch giebt er nicht bestimmt ı, ob jenes Phänomen für oder wider LA PLACE's Hypothese ent-heide.

Digitized by Google

gen allein eigen, weil es durchaus homogen eine solche überwiegende Neigung zur vollkommenen Krystallisation hat, und bei seiner Krystallisation eine so bedeutende Ausdehnung erhält. Andere Flüssigkeiten liefern entweder keine so vollkommene Krystalle beim Festwerden, oder die aus ihnen gebildeten Krystalle werden eigentlich nur aus den Lösungsmitteln ausgeschieden, welches ein von dem völligen Krystallisiren des Wassers ganz verschiedener Procefs ist. Wäre irgend ein anderer Körper in dieser Hinsicht mit dem Wasser in Parallele zu setzen, so müfste es das Wismuth seyn, es ist mir aber nicht bekannt, ob auch bei diesem Metalle ein Punct der gröfsten Dichtigkeit in seinem geschmolzenen Zustande statt findet. Bei dem Wasser also müssen wir annehmen, dafs, nach Haüy's[1] Ansicht von der Krystallbildung, die Molecülen desselben bei dem Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit in eine Lage kommen, in welcher sie sich zur Erzeugung ihrer bestimmten Krystallformen nach speciellen Richtungen ihrer Axen anziehen, und daher nur in einigen Puncten einander näher kommen, in andern aber weiter von einander entfernen. Befindet sich das Wasser dann in vollkommener Ruhe, und wird den Theilchen desselben kein schon gebildeter Krystall genähert, durch dessen Anziehung die Molecülen sollicitirt werden, sich an diesen anzulegen und gleichfalls Krystalle zu bilden, so wird kein Festwerden eintreten, wenn nicht durch überwiegende Entziehung der Wärme dieses dennoch erfolgt. Die durch die Molecülen des Wassers angezogene Wärme, welche in gewisser Hinsicht den Gesetzen träger Massen eben so als die Molecülen des Wassers selbst und gleichzeitig mit diesen folgt, wird latent, und wirkt nicht auf das im Wasser befindliche Thermometer, bis sie durch irgend einen Impuls in Bewegung gesetzt sowohl die Bildung der Krystalle durch ihre Entweichung gestattet, als auch gleichzeitig am Thermometer durch Erhöhung der Temperatur wahrgenommen wird.

Manche Physiker werden in dieser Ansicht eines seit langer Zeit bekannten merkwürdigen Phänomens eine auffallende Hinneigung zum groben Atomismus erblicken, in sofern der Wär-

---

1 S. Essay d'une théorie sur la structure des cristaux. Par. 17[illegible] Traité de cristallographie. Par. 1822.

Digitized by Google

in Angezogenwerden durch die Molecülen des Wassers und ogar eine Art von Trägheit bei ihrer Bewegung zugeschrieben, ugleich aber von Axen der Molecülen des Wassers und einer ngleichen Anziehung nach der Richtung und Lage derselben eredet wird; allein seitdem die Krystallographie durch gleiche 'rincipien zur reellen Wissenschaft erhoben ist, die Chemie ber über gleichem Grunde ein wohlgeordnetes, regelrechtes nd allem Anscheine nach unerschütterliches Gebäude aufge-ihrt hat, darf die verschwisterte Physik mit unbestreitbarem echte zum Mindesten den Versuch wagen, auf einem ähnli-hen festen Boden sich selbst systematisch zu ordnen, um so nehr als das lockere Gewebe bloſser entgegenwirkender Kräfte as Ganze nicht weiter zusammenzuhalten vermag, und man ogar schon mit glänzendem Erfolge die schwierigsten Phäno-nene des Lichtes aus mechanisch fortschreitenden Undulationen ines Lichtäthers zu erklären versucht hat. Uebrigens steht die rörterte Thatsache der Krystallisation des Wassers nicht isolirt nd ohne ähnliche Erscheinungen im Gebiete der Naturlehre, ondern man darf annehmen, daſs ziemlich allgemein bei schnel-em Uebergange zur Krystallform Wärme entbunden wird. Nur ein Beispiel dieser Art möge hier Platz finden, welches zugleich o auffallend ist, daſs es ohne die gewichtige Autorität des Er-ählers kaum Glauben finden würde. B. Scholz[1] erzählt näm-ch: „Es wurde eine bis zum Krystallisationspuncte abge-ampfte Lauge salzsauren Kalkes im Winter vor das Fenster um Krystallisiren gestellt. Als nach dem völligen Erkalten r Lauge dieses nicht vor sich gehen wollte, nahm ich die rauchschale herein, um die Lauge weiter abzudampfen. urch diese Erschütterung fing die ganze Lauge augenblicklich krystallisiren an, die Schale wurde aber auch so schnell iſs, daſs ich sie kaum so lange halten konnte, um sie auf n nächsten Tisch zu tragen. Dabei fing die Lauge sich hef-zu bewegen und zu wallen an, als ob sie im stärksten Sie-n begriffen wäre." Es scheint mir überflüssig, auſser dem, s rücksichtlich der Krystallisation des Eises in sehr niedri-Temperatur gesagt ist, der eben erwähnten Erscheinung noch e Erklärung hinzuzufügen. Aehnlich dieser Erscheinung ist das

1 Anfangsgründe der Physik. Wien 1821. S. 252.

Flüssigbleiben des Schwefels in mittlerer Temperatur nach Faraday[1] und des Phosphor's nach Poggendorff[2].

Verschiedene Physiker sind nicht geneigt, der oben angegebenen Hypothese La Place's beizutreten, namentlich diejenigen, welche sich zur sogenannten dynamischen Ansicht der Naturlehre bekennen, und diesemnach schon im voraus eine Anziehungs- und Abstoſsungskraft annehmen, die Theorie von Molecülen und den sie umgebenden Wärmeatmosphären dagegen verwerfen. Diese Hypothese kann hier nicht umfangend erörtert werden, indem dieses vielmehr bei der Untersuchung des Wesens der Materie[3] geschehen muſs, und es wird daher genügen, nur das Wichtigste kurz anzugeben. Da sich die Ausdehnung der Körper durch Wärme einmal nicht in Abrede stellen läſst, so ist nach einigen Physikern entweder die Wärme eben wie das Licht die Dehnkraft selbst, oder diese letztere ist in jenen beiden Potenzen überwiegend über den zweiten constituirenden Bestandtheil derselben, nämlich die Ziehkraft. In wiefern beide Ansichten unmittelbar zu Inconsequenzen führen und mit den Erscheinungen nicht übereinstimmen, wird im Art. *Wärme* gezeigt werden. Andere nehmen zwar die Existenz der beiden Grundkräfte an, halten aber zugleich die Wärme für eine individuelle Potenz, und legen dieser das Vermögen bei, durch Repulsion die Theilchen der Körper zu trennen. Wenn man die Aeuſserungen der zuletzt genannten Physiker nach dem einfachen Sinne der Worte erklärt, so nehmen sie eine für sich bestehende, der Attractionskraft entgegengesetzte, analogen umgekehrten Gesetzen folgende, und durch den Conflict mit jener verschiedene Erscheinungen erzeugende und bedingende Repulsionskraft an, legen aber neben dieser auch der Wärme das Vermögen bei, die Theile der Körper weiter von einander zu entfernen, das Volumen der Massen zu vergröſsern, sie dadurch minder starr, fest und cohärent zu machen, und durch Steigerung ihres Einflusses den Aggregatzustand der Körper abzuändern. So consequent auch diese Hypothese auf den ersten Blick die Phänomene zu erklären scheint, so läſst sie doch genau genommen drei wichtige Fragen ganz unbeantwortet.

1 Journ. of Science and the Arts. N. LXII. 392.

2 Dessen Journ. VII. 241.

3 S. *Materie*.

Digitized by Google

Zuerst nämlich fragt es sich, warum blofs der Wärme ein so überwiegender Antheil der übrigens allgemein verbreiteten und wenn man so sagen darf, gleichmäfsig vertheilten Repulsionskraft zugefallen sey, wenn man nicht annehmen will, die Repulsivkraft der Wärme sey eine andere und von verschiedener Art als diejenige, welche z. B. die völlige Berührung zweier ebener Platten oder die absolute Dichtigkeit aller gegebener Körper hindert; in welchem Falle dann der Unterschied beider Kräfte zuerst nachzuweisen wäre. Zweitens, welches ist das Verhältnifs der einen allgemein wirksamen und zugleich in der Wärme sich äufsernden Repulsivkraft oder beider verschiedener Kräfte gegen die Attractionskraft z. B. bei der Erscheinung einer plötzlichen Erstarrung der Körper mit Entweichung von Wärme in der Krystallbildung, namentlich des Eises? Welche Rolle spielt hierbei die Repulsivkraft? Entweicht sie zugleich mit der Wärme, oder wird auch sie latent, und kann es überhaupt eine latente Kraft geben? Dafs sich das erwähnte Phänomen nach atomistischen Grundsätzen consequent erklären lasse, ist oben gezeigt, wie dieses aber nach dynamischen Principien geschehen könne, ohne sich in die Schwierigkeit zu verwickeln, einen wesentlichen Unterschied zwischen Wärme und Dehnkraft anzugeben oder eine latente Kraft, d. h. eine unthätige Thätigkeit anzunehmen, ist mir bis jetzt noch nicht klar geworden. Die dritte Frage, welche diese Hypothese unbeantwortet läfst, läuft auf etwas diesem ähnliches hinaus, nämlich warum das Verhalten der expansibelen Flüssigkeiten, vor allen der Dämpfe, lediglich eine Function der Wärme sey, und namentlich durch Compression derselben Wärme ausgeschieden, durch Expansion gebunden werde. Bei den Dämpfen soll nach sehr allgemein angenommenen, schon durch den unsterblichen Newton angegebenen Ansichten die Dehnkraft vorzugsweise thätig seyn[1], allein bei der Prüfung der Phänomene reicht man mit der Wärme allein aus und redet allezeit nur von dieser. Werden z. B. Dämpfe von einer höheren Temperatur in einen gröfseren Raum gebracht, so dehnen sie sich aus, ein Theil ihrer Wärme wird latent; bei der umgekehrten Erscheinung findet das Gegentheil statt, und in beiden Fällen nach genauen Verhältnissen des Quantitativen der gebundenen oder frei wer-

1 Vergl. *Gas*, wo diese Fragen näher untersucht werden.

denden Wärme. Welche Rolle spielt hierbei die Dehnkraft, wenn sie nicht eine müſsige Begleiterin der Wärme seyn soll? Es scheint nach allem diesen um vieles leichter und consequenter, mit La Place, Biot u. a. *die Wärme als das Princip aller Repulsion* zu betrachten, und von den vielfach modificirten Wirkungen derselben zugleich den verschiedenen Aggregatzustand der Körper, namentlich den der Festigkeit, Flüssigkeit und Gasform abzuleiten, als, eine für sich bestehende, der Anziehung entgegenwirkende Dehnkraft als Ursache dieser verschiedenen Aggregatformen anzusehen, wobei aber eine andere Hauptfrage allezeit noch unbeantwortet bleibt, nämlich ob die Wärme selbst dieses repulsive Princip sey, oder ob ihr die eigentliche Abstoſsungskraft nur eigenthümlich zugehöre. Eine genügende Beantwortung dieser Frage ist vor der Hand nicht bloſs schwierig sondern vielleicht unmöglich, eine nähere Erörterung derselben aber gehört in den Art. *Wärme*.

Da es viel zu weitläufig seyn würde, die verschiedenen Meinungen der Physiker über die vorliegende Frage einzeln zu untersuchen, so beschränke ich mich darauf, nur einige der wichtigsten, denen die übrigen mehr oder minder ähnlich sind, einer näheren Prüfung zu unterwerfen. Parrot hat sich vorzugsweise sehr bestimmt darüber erklärt, daſs die Erscheinungen der Adhäsion und Cohäsion nicht auf die Newton'sche Attraction zurückgeführt werden könnten, sondern eine eigenthümliche Flächenanziehung forderten [1]. Als Beweis hierfür wird angegeben [2], daſs die Flüssigkeiten die meisten Berührungspuncte, und zwar gerade in Beziehung auf Flächenanziehung, hätten, folglich am meisten Theile, welche sehr nahe an einander sind, und sie müſsten daher weit mehr Zusammenhang zeigen als feste Körper. In der Note wird dann hinzugesetzt, daſs die Wärme hier nicht aushelfen könne; indem z. B. das Quecksilber am wenigsten Wärmestoff und zugleich (unter den Flüssigkeiten) die gröſste Dichtigkeit habe. Hiernach scheint also Parrot den Aggregatzustand der Körper nicht der Wärme, sondern den Modificationen der Flächenanziehung beilegen zu wollen. Wie schwierig übrigens die Entscheidung der Hauptfrage sey, und wie leicht man sich bei der Beant-

1 S. *Flächenkraft.*

2 Grundriſs der theor. Physik. I. 90.

wortung derselben in Widersprüche seiner eigenen Theorie verwickele, dieses ergiebt sich eben aus dem hier Mitgetheilten selbst. Wäre nämlich die Flächenanziehung sowohl überall wirksam, als auch insbesondere die Ursache des Aggregatzustandes der Körper, so folgt nothwendig, daſs die flüssigen Körper in Folge der mehreren Berührungspuncte sowohl die gröſste Dichtigkeit als auch die stärkste Cohäsion haben müſsten, wie auch PARROT selbst gefühlt hat. Wollte man annehmen, die Theile derselben wären weiter von einander entfernt, und dadurch die Wirkung der Flächenanziehung geringer, so bleibt es dunkel, wodurch diese gröſsere Entfernung der Molecülen bewirkt werde, und diese Dunkelheit kann durch die Annahme einer gegenwirkenden Flächenabstoſsung nicht aufgehellet werden, weil damit nicht zugleich die eigentlich thätige Ursache angegeben ist, welche die Wirksamkeit der einen oder der andern dieser beiden Kräfte, und das Verhältniſs ihrer gegenseitigen Stärke bedingen könnte. Zu einer gröſseren Glätte der Molecülen seine Zuflucht zu nehmen reicht gleichfalls nicht hin, weil nicht abzusehen ist, warum z. B. die Molecülen des Eisens im geschmolzenen Zustande glätter seyn sollten als im festen. Aus diesen und vielen andern Betrachtungen folgt dann gleichsam von selbst, daſs die Theorie LA PLACE's noch immer weit weniger Schwierigkeiten zurückläſst, als die so eben angedeutete, obgleich auch sie die Frage nicht ohne gewichtige Einwendungen unbeseitigt zu lassen beantwortet. Uebrigens dient das aus der geringen specifischen Wärme des Quecksilbers hergenommene Argument eher zur Bestätigung, als auf keinen Fall zur Widerlegung derselben; denn eben in der geringen specifischen Wärme dieser Flüssigkeit kann der Grund nachgewiesen werden, weswegen die geringe Quantität derselben, als Folge einer unbedeutend starken Anziehung zwischen beiden, auch nur eine minder starke Repulsion ausübt, so daſs in Folge stärkerer Attraction zwischen den Molecülen dieser Flüssigkeit sie eine so überwiegende Dichtigkeit hat[1].

---

1 RICHMANN hat schon zu zeigen gesucht, daſs Quecksilber die Wärme leichter annimmt und abgiebt als Wasser; zugleich aber widerlegt er den von vielen Physikern angenommenen Satz, daſs die dichtesten Körper die Wärme am schwersten annehmen und abgeben sollten. S. Nov. Com. Pet. III. 309. Das Nähere hierüber s. Art. *Wärme.*

Eine scharfsinnig aufgefafste und gründlich durchdachte Theorie der inneren Beschaffenheit fester und tropfbar flüssiger Körper hat neuerdings Seeber[1] aufgestellt, welche hier vor allen Dingen näher betrachtet zu werden verdient. Er geht hierbei von der Prämisse aus, dafs die festen Körper aus den Theilen ihrer Materie gebildet sind, indem diese sich einander wechselseitig anziehen, wobei man aber in Gemäfsheit dieser einzigen wirksamen Kraft nothwendig auf absolute Dichtigkeit kommen müfste. Nimmt man aber auf die Erscheinungen der Ausdehnung durch Wärme und insbesondere der Elasticität und Dehnbarkeit Rücksicht, überlegt man ferner, dafs die Erklärung des Grundes dieser Veränderungen nicht gegeben, sondern nur weiter hinausgeschoben würde, wenn man denselben in der Beschaffenheit der Elementartheilchen suchen wollte, so kann man nicht umhin zu der Hypothese seine Zuflucht nehmen, dafs die einfachen Theile der Körper durch anziehende und abstofsende Kräfte in gewissen Entfernungen von einander gehalten werden, wonach sie sich in Gemäfsheit der Wechselwirkung beider in einem *stabilen Gleichgewichte* befinden. Die Veränderungen des Volumens durch Temperatnr sollen sich dann aus einer veränderten Gröfse der Abstände dieser Molecülen als Folge einer vermehrten oder verminderten Intensität jener Kräfte erklären lassen. Kaum verdient hierbei noch besonders bemerkt zu werden, dafs aus der Nichtwahrnehmbarkeit weder jener Molecülen noch ihrer Abstände unmöglich auf die Nichtexistenz beider geschlossen werden könne, indem die Theile der Körper schon der Erfahrung nach so klein sind, dafs sie unserer Wahrnehmung entschwinden, nnd diesen nothwendig auch die Zwischenräume proportional seyn müssen[2].

1 G. LXXVI. 229 ff.

2 Wenn wir annehmen, dafs bei — 640° C. der absolute Nullpunct liegt, und nach La Place der Abstand der Molecülen fester Körper blofs eine Function der Wärme sey, endlich, dafs feste Körper sich den Verminderungen der Wärme direct proportional zusammenziehen, so würden diese bei — 640° C. in den Zustand absoluter Dichtigkeit übergehen, und hieraus liefse sich dann das Verhältnifs der Gröfse der Molecülen zu ihren Zwischenräumen finden. Heifst nämlich das Volumen eines Körpers bei 0° C. $= v$, bei einer niedrigern Temperatur aber v', die cubische Ausdehnung für einen Grad des Thermometers k, so ist bekanntlich $v' = v\,(1 + kt)$. Ist dieses Verhältnifs der Ausdehnung ein beständiges, so ist $v' : v = 1 : 1 + k$

Man wird schon aus dem bisher Gesagten abnehmen, dafs Hypothese, woraus SEEBER den Zustand und die vorzüg- isten relativen Eigenschaften fester Körper zu erklären sucht, das in der Mechanik bekannte stabile Gleichgewicht (das uilibre stabile nach dem Ausdrucke der französischen Geo- ter) zurückkommt, in welchem ein System von materiellen ncten durch entgegenwirkende Kräfte erhalten wird, wie ses durch viele Geometer, hauptsächlich durch LA GRANGE, PLACE und POISSON mit eben so grofsem Scharfsinn als wandtheit im analytischen Calcüle dargestellt ist. Dieser eorie gemäfs wird der Zustand des Gleichgewichts oder der wegung eines Systems von materiellen Theilen, welche durch ziehende und abstofsende Kräfte auf einander wirken, bedingt rch die Masse und Form der Theile, ihre Lage in Beziehung einander und das Gesetz, wonach die Intensität der Kräfte wechselnder Entfernung sich ändert. Die materiellen Theil- en, woraus hiernach die festen Körper bestehen, müssen also e gewisse Form haben, welche übrigens auch nach der Um- ndlung ihres Aggregatzustandes aus dem festen in den flüssi- n unverändert bleiben mufs, und die Gründe für die An- hme solcher ursprünglichen Gestalten findet SEEBER in dem halten der Krystalle rücksichtlich ihrer Gestalt, ihres Gefü- , des Blätterdurchganges und der Theile, worin man die- en zerlegen kann, wobei er also ganz den Ansichten HAÜY's t. Von diesen regelmäfsigen Krystallen aber auf die übri- nicht krystallisirten unorganischen Körper und von diesen n endlich auf die organischen zu schliefsen ist zuverlässig so leichter erlaubt, als überhaupt die nicht krystallisirten per durch mancherlei Verbindungen so leicht krystallisirbar len. HAÜY's Theorie giebt indefs den molécules inté- ntes ebene Flächen, und läfst sie mit einander in unmittel- Berührung kommen. Indem Letzteres aber aus oben an- benen Gründen unstatthaft ist, so kann auch Ersteres weg- n, wenn man nur annimmt, dafs sich zwischen den Ato-

---

das Volumen z. B. des Glases, wobei k = 0,000027 gesetzt wer- kann, wäre also bei — 640° C. = 0,983, mithin betrüge die Ver- rung nur 0,017 des Ganzen, und letztere Gröfse gäbe zugleich Verhältnifs der Zwischenräume zu der Masse, so dafs ein Wahr- en derselben hiernach von selbst als unmöglich erscheint.

men Zwischenräume befinden. Aus der Erfahrung lassen sich ferner die Formen der Körperelemente nicht bestimmen, weil die Theilbarkeit der Körper allgemein weit über die Grenze der Beobachtung hinausgeht, und Seeber nimmt daher die Kugelform hypothetisch als die wahrscheinlichste an [1], theils weil sie die einfachste ist, theils weil dann die Richtung der anziehenden und abstofsenden Kräfte durch die Schwerpuncte geht, mithin keine Rotation entstehen kann, und man hat aufserdem bei der Bestimmung ihres stabilen Gleichgewichtes nur die Lage ihrer Mittelpuncte zu berücksichtigen. Indem endlich die festen Körper durch mechanische Gewalt in Theile getrennt werden können und dadurch weder selbst noch auch die von ihnen abgerissenen Theile den Zustand der Festigkeit verlieren, so folgt hieraus nothwendig, dafs das stabile Gleichgewicht der Elemente nicht von ihrer Gesammtwirkung abhängt, sondern das die Resultate der Wirkungen der Anziehungen und Abstofsungen von wie vielen Elementen jedes Körpers es seyn möge $= 0$ wird, auch müssen jene einander entgegenwirkende Kräfte auf eine solche Weise jedes Element im stabilen Gleichgewichte erhalten, dafs sie, so lange dieses besteht, zwar sich wechselseitig aufheben, bei veränderter Entfernung der Elemente von einander aber, werde diese vergröfsert oder vermindert, sich wieder thätig zeigen. Dabei wird endlich noch angenommen, dafs die kugelförmigen Atome sich durch die Wirkungen ihrer Kräfte zu parallelepipedischen Kerngestalten oder Elementar-Parallelepipeden ordnen lassen.

Seeber zeigt dann weiter [2] durch geometrische Construction, wie sich die kugelförmigen Atome zu den Elementar-Parallelepipeden ordnen lassen, eine bei der Voraussetzung hinlänglicher Kleinheit von jener nicht schwierige Aufgabe, giebt ferner einen geometrischen Ausdruck für den Abstand der Mittelpuncte zweier Atome, und sucht endlich eine Function, welche für sehr kleine Veränderungen dieses Abstandes durch 0 in positive oder negative Werthe übergeht und bei noch im

---

1 Die durch Mitscherlich entdeckte ungleiche Ausdehnung d Krystalle durch Wärme s. Ann. Ch. P. XXVI. 222. scheint übrig der Annahme prismatisch gestalteter Molecülen günstiger zu ohne dafs man genöthigt ist, hiermit zugleich unmittelbare Berü derselben anzunehmen.

2 S. ebend. p. 349.

ır kleinen Incrementen des Abstandes unmeſsbar kleine, fast :schwindende Werthe giebt. Durch diese scharfsinnige geotrische Untersuchung ist also wirklich ein analytischer Ausıck gefunden, welcher dasjenige ausdrückt, was wir in der tur beobachten, nämlich daſs in einem gewissen Abstande · Molecülen fester Körper jene durch keine bewegende Kräfte licitirt werden, indem sie ruhen, und also die in ihnen vorıdenen Kräfte durch Gegenwirkung aufgehoben ihnen ein biles Gleichgewicht geben müssen; ferner daſs bei einer :ch äuſsere Gewalt bewirkten Näherung oder Entfernung der ›me in jenem Falle die Abstoſsung ausnehmend wächst, in sem aber höchst schnell bis zum Verschwinden abnimmt, lches alles der Erfahrung völlig angemessen ist. Noch mehr ɪr: es ist sogar nachgewiesen, daſs die an Krystallen gemesseı Winkel mit denjenigen übereinkommen, welche die, die ttelpuncte der Atome verbindenden Linien mit einander bilɴ, wenn diese Atome zu den Elementar - Parallelepipeden reinigt werden; allein hiermit ist die groſse Frage über die emente der Körper, die ihnen eigenthümlichen Kräfte und ıs Verhältniſs, in welchem beide zu der Veränderung ihres sten, tropfbar flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustandes :hen, noch keineswegs entschieden. In dieser Beziehung nämh stehen auch dieser Theorie noch folgende Argumente entgegen.

1. Daſs sich unter der Voraussetzung der Existenz sphäriıer Atome und ihrer Anordnung zu Elementar - Parallelepipeı ein analytischer Ausdruck für ein stabiles Gleichgewicht selben finden läſst, welcher zugleich für veränderte Entferıgen dieser Elementartheile mit der Erfahrung in einigen wetlichen Puncten übereinstimmende Werthe giebt, beweiset h keineswegs die physische Existenz weder jener Molecülen h ihrer angenommenen Anordnung. Ueberhaupt daſs irgend Gesetz sich ohne inneren Widerspruch geometrisch conıiren läſst, kann unmöglich das wirkliche Vorhandenseyn des›en in der Natur beweisen, sondern die Geometrie gewährt ſs demjenigen, was lediglich aus der Erfahrung entnommen n muſs, einen deutlichern, bestimmteren und schärferen ıdruck, wie dieses noch neuerdings durch Mollweide[1] an :m sehr sprechenden Beispiele gezeigt ist.

1 G. LXII. 422.

Digitized by Google

2. Wenn die Atome aller Körper sphärisch sind und gleichen Gesetzen der Anziehung und Abstofsung folgen, so können sie zwar zu den verschiedensten Elementar - Parallelepipeden und somit zu den verschiedensten Krystallformen geordnet werden, allein die Anordnung derselben ist bei allen Körpern gleich und willkürlich; die Hypothese erklärt also nicht, warum sie bei gleichen Körpern stets dieselbe und für ungleiche verschieden ist.

3. Wenn das stabile Gleichgewicht der Atome durch den Conflict anziehender und abstofsender Kräfte bewirkt wird, und die positive oder negative Wirksamkeit dieser letzteren eine Function der Entfernung jener Atome von einander ist, wie dieses der analytische Ausdruck angiebt; woher kommt es dann, dafs bei gröfserer Entfernung der Elemente oder gröfserer Näherung derselben durch erhöhete oder verminderte Temperatur dennoch das stabile Gleichgewicht unverändert bleibt? Die Wärme einer von Aufsen einwirkenden mechanischen Gewalt gleich zu setzen, hat auf allen Fall vieles gegen sich. Hiermit innig zusammenhängend ist

4. die in der Hypothese nicht berührte Frage über den Zusammenhang der Wärme mit den beiden zur Erhaltung des stabilen Gleichgewichtes angenommenen Kräften. Dafs die Wärme auf die Elemente der Körper repulsiv wirke, dieses ist durch die Erfahrung sicherer und untrüglicher begründet, als irgend ein bei jener Theorie angenommener Satz. Sollte also diese vollständig seyn, so müfste das Verhältnifs nachgewiesen werden, in welchem die Wärme mit jenen beiden Kräften, insbesondere aber mit der Repulsion steht, und zwar namentlich ob sie mit dieser letzteren identisch, oder nur ähnlich und ihre Wirkung vermehrend ist, wobei dann die aus dem eigentlichen Wesen beider hergenommene Art und Weise, auf welche dieses geschehen kann, nicht unberücksichtigt bleiben dürfte. Man sieht also, dafs La Place's Hypothese bei der Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper durchaus nicht unbeachtet bleiben kann, weil sie zu unmittelbar aus der Erfahrung hergenommen ist, als dafs sie bei der Auffindung der Gesetze für die durch Beobachtung aufgefundenen Thatsachen übergangen werden könnte.

5. Es läfst sich endlich zeigen, dafs die Theorie von dem Conflicte anziehender und abstofsender Kräfte und einem hierdurch

Digitized by Google

erzeugten stabilen Gleichgewichte in sich nicht consequent ist. Wenn man sich nämlich zwar leicht vorstellen kann, dafs im Conflicte beider ein Zustand der Ruhe, ein stabiles Gleichgewicht, erzeugt wird, so fügt sich dennoch die Erfahrung einer allgemeinen Construction ihrer gegenseitigen Wirksamkeit keineswegs. Um dieses an einem Beispiele zu zeigen, denke man sich einen stählernen Cylinder von beliebiger Dicke und gleichbleibender Temperatur, in welchem also das stabile Gleichgewicht der Atome vorhanden ist. Wird dieser dann durch äufsere mechanische Gewalt ausgedehnt, wodurch die Atome in gröfsere Entfernung von einander kommen, so wird die Repulsion abnehmen, die Attraction aber zunehmen, schon deswegen, weil die erstere bei gröfserer Annäherung der Atome wächst, und beide einander entgegengesetzt sind. Die Anziehung erhält auch wirklich ihr Maximum, ohne jedoch unendlich zu werden, bis der Körper zerreifst, und dann werden beide Kräfte $= 0$. Dieses liegt an sich nicht im analytischen Ausdrucke, und wenn man zu gleicher Zeit berücksichtigt, dafs bei einem bedeutenden Abstande der Atome in der Dampfgestalt der Körper abermals eine unverkennbare Repulsion wahrnehmbar wird, so führt auch diese Betrachtung wieder auf das Verhältnifs der Wärme zu den beiden Kräften, welches also auf allen Fall bei keiner Hypothese zur Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper übersehen werden darf.

Aus allen diesen Betrachtungen ergiebt sich also endlich sehr augenfällig, dafs die eigentlichen Ursachen, welche den verschiedenen Aggregatzustand der Körper erzeugen und bedingen, noch keineswegs mit genügender Gewifsheit erforscht sind, und dafs einem jeden Versuche, diese wichtige Frage zu beantworten, sehr bedeutende, wo nicht unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehen. Vorläufig aber, und bis zu näherer Aufklärung der Sache bleibt die Hypothese, welche die Wärme als nächste wirkende Ursache ansieht, noch immer der Erfahrung am angemessensten, und man kann sie daher um so mehr beibehalten, als bei der Bestimmung des Wesens der Wärme auch auf die Wirkungen derselben hinsichtlich der Flüssigmachung und Dampfbildung Rücksicht zu nehmen ist.

J. F. Fries hat ohne Widerrede die Theorie von dem Conflicte zweier Grundkräfte mit dem eindringendsten Scharf-

Digitized by Google

sinne aufgestellt, einer grofsen Menge von Erfahrungen angepafst und am vollständigsten mit innerer Consequenz durchzuführen gesucht. Dafs er auch die Ursachen des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper auf dieselben zurückführe, versteht sich wohl von selbst, und in sofern müfsten seine Ansichten hier billig geprüft werden; weil er sich aber dabei vorzüglich auf den gasförmigen Zustand bezieht, so verspare ich diese Untersuchung für den Artikel *Gas*. *M.*

Flugmaschine.

Die Begierde der Menschen, den Vögeln gleich sich in die Luft zu erheben, hat in verschiedenen Zeitaltern Vorschläge und wohl auch Versuche dazu hervorgebracht. Ohne bis zu der Mythe des Dädalus aufzusteigen, begnüge ich mich dasjenige hier beizubringen, was in den neuern Jahrhunderten der P. Franz. Laua vorschlug. Er berechnet, dafs das Gewicht einer luftleeren Kugel von 14 F. Diameter aus Messingblech, (dessen Quadratfufs 3 Unzen wiegt) nur 1848 Unzen betragen würde, während dem ein gleiches Volumen von Luft 2156 Unzen wöge, so dafs die Kugel nicht blofs in der Luft schweben, sondern noch eine Last von 304 Unzen mit sich erheben würde: gröfsere Kugeln von gleicher Metalldicke würden folglich noch mehr leisten. Allein schon früher hatte der Mönch Bacon etwas Aehnliches angegeben, ja sogar behauptet, es mit Erfolg ausgeführt zu haben. Sein Apparat bestand aus mehrern Kugeln von dünnem Kupfer, an denen eine Art Fahrzeug befestigt war. Schon Borelli und Hook haben jedoch das Unausführbare dieser Pläne sowohl in Beziehung auf die Dichtigkeit, und den ungenügenden Widerstand des Kupfers, als auch in Absicht auf die Schwierigkeiten der Exantlirung dargethan.

Was das verflossene Jahrhundert hierin durch die Erfindung der *Aërostaten* geleistet hat, ist unter jenem Artikel zu lesen. Wir beschränken uns in diesem auf dasjenige, was hierin nicht auf hydrostatischem Wege, sondern durch wirkliche Flügelbewegung versucht worden ist.

Aug. Wilh. Zachariä beschreibt am Schlusse seiner Elemente der *Luftschwimmkunst*[1] die Einrichtung eines Modells

---

1 Die Elemente der Luftschwimmkunst. 1807. 8.

das sein Bruder, CHRIST. FRIEDR. ZACHARIÄ, verfertigt hatte, und welches einen kleinen mit beweglichen Flügeln ausgerüsteten Fallschirm aus Fischbeinstäben und Taffent vorstellte. Der Flügelschlag wurde durch Federn und Räderwerk hervorgebracht, war aber nicht vermögend, das Gestelle schwebend zu erhalten, obgleich die Maschine, wenn sie mit der Hand gehalten wurde, bei jedem Flügelschlage, der sich etwa in einer Secunde wiederholte, einen merklichen Ruck aufwärts machte.

Einer besondern Beachtung werth sind sie Versuche, welche der Uhrmacher JACOB DEGEN in Wien im Jahr 1808 daselbst mit einer von ihm erfundenen Flugmaschine anstellte[1]. Wenn diese auch noch Manches zu wünschen übrig liefs[2], so leistete sie doch den Thatbeweis, dafs der Mensch durch Flügelschläge einen beträchtlichen Theil seines Gewichts überwinden könne. Sein Apparat enthielt zwei Flügel, deren Gerippe aus Bambusrohr, die Oberfläche aus feinem gefirnisten Papiere bestand. Die Länge eines jeden betrug 10 Fufs 4 Zoll, die gröfste Breite 9 Fufs; seine Oberfläche hielt 54 Quadratfufs. Sie glichen einem beinahe runden Schirme, der nach der äufsern Seite hin in eine zugespitzte Verlängerung ausgezogen ist. In jedem Flügel befanden sich 3500 papierne Klappen, die an Seidenfäden befestigt, nach unten sich öffneten. Alles war durch seidene Schnüre, die an einem aufrechten Stabe wie an einem Mastbaume sich vereinigten, hinreichend gespannt und gesteift. Die Ebene der Flügel befand sich etwa in der Höhe des Halses des aufrecht stehenden Fliegenden, und das Gestell war fest mit seinem Körper verbunden, ohne jedoch irgend eine seiner Bewegungen zu hemmen. Sehr zweckmäfsig hatte der Künstler die gröfste Kraft benutzt, die der Mensch mit seinen Gliedern äufsern kann, indem er ihn mit den Füfsen, wie zum Sprunge gerüstet, einen Rahmen niedertreten liefs, der die Flügel niederschlagen machte[3]. Mit diesem Apparate

---

1 Beschreibung einer neuen Flugmaschine von JACOB DEGEN. Wien 1808. Mit 1 Kupfert.; und in G. XXX. 1. und XXXI. 192. die Nachrichten von J. CHR. STELZHAMMER.

2 Man sehe die Bemerkungen von PRECHTL in G. XXI. 320.

3 BORELLI setzt die beim Sprunge wirkende Muskelkraft auf das 900fache Gewicht des Menschen. Es ist bekannt, dafs Fuhrleute einen schweren Wagen dadurch herumheben, dafs einer auf der Erde liegend, die Füfse gegen die eine Axe desselben anstemmt,

machte Degen die ersten Versuche in der Kaiserlichen Reitschule zu Wien, indem er durch ein von der Decke herunterhängendes Gegengewicht seine Last etwa um die Hälfte erleichterte. Er selbst wog 119 Pf., die Maschine 25 Pf., das Gegengewicht 75 Pf., die Reibung über die Rollen 9 Pf., so dafs er also $119+25+9-75=78$ Pf. durch den Flügelschlag zu erheben hatte; er erhob sich daselbst durch etwa 34 Schläge in 30 Secunden auf eine Höhe von 50 Fufs, was etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs Erhebung durch einen Flügelschlag giebt. Bei einem spätern Versuche hatte sich der Künstler mittelst eines Aërostaten von 19 Fufs Durchmesser, der ihn nur eben zu tragen vermochte, bis zu 40 und zu 105 Klaftern erhoben, und war, nachher vom Balle sich losmachend, ganz allmälig heruntergeflogen: das Sinken geschah so langsam, dafs kein Zuschauer Besorgnisse empfand; der Künstler konnte sogar zuweilen ausruhen und dann durch neue Flügelschläge sich wieder erheben; er konnte sich umwenden, selbst vom Winde ohne Flügelschlag erheben lassen; und kam in beiden gemachten Versuchen ohne alle Beschädigung zur Erde.

So grofs auch die Schwierigkeiten seyn mögen, die dem Fluge des Menschen, den Borelli schlechterdings für unmöglich erklärt, sich entgegensetzen, so beweisen doch die angeführten Versuche sowohl die Wirksamkeit des Flügelschlags, als auch die Fähigkeit des Menschen, ihn bei gehöriger Einrichtung ohne allzu grofse Ermüdung mit ziemlicher Kraft fortzusetzen. Künftige Geschlechter werden nach Franklin's Ausdrucke *das Kind grofs ziehn*, und schwerlich dürften die bisherigen Anfänge der Luftbeschiffung von ihrem Ziele so weit abstehen, als die Versuche der ersten Schiffer von der jetzigen Vollkommenheit der Hydronautik. *H.*

Fluor.

Fluorine; *Fluorum*; Fluor; *Fluor.* Ein Stoff, welchen man nicht für sich kennt, dessen Gegenwart man je-

---

und durch Ausstrecken der etwas eingezogenen Beine die Last emporhebt. Bei einem Versuche mit dem Dynamometer, dessen oberes Ende durch einen um die Hüften befestigten Riemen, das untere von dem unter die Füfse gelegten Eisen gespannt wurde, zerrifs der eiserne Haken, und das Dynamometer zeigte die Kraft des seine Knie und Hüftgelenke ausspannenden jungen Mannes auf 800 Pf. an.

och im Flufsspath, Kryolith, Topas, der Flufssäure und anern Materien hypothetisch annimmt, und der in seinen chemi:hen Beziehungen am meisten Aehnlichkeit mit dem Chlor hat. eine wichtigsten Verbindungen sind folgende:

Die *Flufssäure* (18,6 Fluor und 1 Wasserstoff) durch Deillation von Flufsspath (Fluorcalcium) mit Vitriolöl in Gefäfsen on Blei oder Platin in wasserfreiem Zustande dargestellt, ist eine asserhelle Flüssigkeit von 1,0609 specifischem Gewichte, bei - 20° noch nicht gefrierend, an der Luft rauchend, etwas ɔer + 15° kochend, von geringer lichtbrechender Kraft, und ɔn stechendem Geruch, deren Dämpfe beim Einathmen der unge höchst nachtheilig sind, und welche auf der Haut hefge Entzündung und Vereiterung mit Wundfieber erregt. Sie ildet mit Kalium und mehreren anderen Metallen, unter reiwerden des Wasserstoffes, Fluormetalle; desgleichen mit .alk, Kieselerde u. s. w. unter Bildung von Wasser. Hierauf eruht das Aetzen in Glas; denn da dieses neben Alkali gröfsentheils aus Kieselerde besteht, so zersetzt sich die Flufssäure lamit im Fluorsiliciumgas, Fluorsiliciumnatrium und etwas Wasser.

Dieses *Aetzen in Glas*, welches durch geringe Uebung zu iner grofsen Fertigkeit gebracht werden kann, und zur Verfergung von allerlei Scalen von grofsem Nutzen ist, geschieht war auch durch Anwendung der liquiden Flufssäure, leichter nd schneller aber mit flufssauren Dämpfen auf folgende Weise. as zu ätzende Glas mufs zuvor bestens gereinigt seyn, was n leichtesten mit frischer Holzasche und Wasser geschieht, ıdem man es hiermit abreibt, dann mit reinem Wasser abspühlt ıd mit einem reinen leinenen Lappen trocknet. Hiernach ird das Glas über Kohlen erwärmt, und mit einem Deckfirnifs ɔerzogen[1], welcher nur dünn aufzutragen ist, indem man ihn ɘr Gleichförmigkeit wegen auch mit der Fahne einer Rabenfeɘr aus einander ziehen kann. Den Firnifs kann man sich für ele Jahre in Voraus bereiten. Zu diesem Ende schmelzt man Th. weifses Wachs, 1 Th. Mastix, ½ Th. Asphalt und fast Th. venet. Terpentin bei sehr gelindem Feuer in einem

1 Das Decken des Glases mit Blattgold oder blofsem Wachs ist ıeils mühsamer, theils minder sicher, und wird daher hier nicht eiter berücksichtigt.

neuen Topfe, erhält die Masse wohl eine halbe Stunde bei gelinder Wärme im Fluſs, damit der Schmutz zu Boden fällt, gieſst den obern Theil der Masse in ein Gefäſs mit kaltem Wasser, worin sie sich zu einem unförmigen Klumpen vereinigt, formt einen solchen mit den Fingern zu einer Kugel von der Gröſse eines kleinen Hühnereies, schlägt diese in ein Läppchen von Taffent, und bindet die Ränder des Taffents zu einer Art Stiele zusammen, in welchen man des bequemern Anfassens wegen auch einen kleinen hölzernen Stab senken kann. Beim Gebrauche wird die eingeschlagene Masse Firniſs durch das erwärmte Glas hinlänglich flüssig, um durch den Taffent zu dringen, und sich auf das Glas zu legen, insbesondere wenn man das Ueberziehen über Kohlen vornimmt. Nach dem Erkalten des Firnisses kann das Radiren der erforderlichen Striche, Buchstaben, Figuren u. s. w. mit jedem beliebigen metallenen, spitzeren oder stumpferen Instrumente, am besten einem stählernen, in der erforderlichen Feinheit oder Breite leicht bewerkstelligt werden, und man überzeugt sich davon, daſs der Firniſs ganz durchschnitten sey, wenn man das Glas gegen das Licht hält, und den eigenthümlichen Glanz der radirten Stellen beobachtet. Demnächst wird der Fluſsspath gepulvert, in einen gemeinen hessischen, Graphit-, Platin- oder bleiernen Tiegel oder nur einen irdenen Topf geschüttet und mit gleichviel Vitriolöl befeuchtet, wobei man, wenn Glasröhren oder schmale Scalen zu ätzen sind, den Tiegel mit zwei Bretchen bedecken kann, um zwischen diesen den erforderlich breiten Raum zum Aufsteigen der fluſssauren Dämpfe zu lassen. Der so vorgerichtete Tiegel wird über gelindem Kohlenfeuer erhitzt, worauf man bald die weiſslichen Dämpfe aufsteigen sieht. In diese wird das zu ätzende Glas gehalten, bis es etwas feucht wird, und die radirten Stellen nicht mehr glänzend, sondern blind und etwas weiſslich erscheinen. Wird das Aetzen zu lange und bei zu starker Gasentwickelung fortgesetzt, so dringt die Säure unter den Firniſs, und macht auch die bedeckten Stellen rauh. Glaubt man aber, daſs tief genug geätzt sey, so erwärmt man das Glas wieder, reinigt es von dem Firniſs durch Abwischen mit Flieſspapier, wobei man auch etwas Terpentinspiritus zu Hülfe nehmen kann, und die Arbeit ist vollendet. Will man die Scalen deutlicher machen, so kann man etwas Tusche mit Wasser in die Vertiefungen einreiben, gewöhnlich

r befeuchtet man etwas Zinnober mit einigen Tropfen Ter-
tinspiritus, reibt dieses mit dem Finger in die Scale ein, und
n zuletzt auch noch etwas trocknen Zinnober vermittelst
mwolle nachtragen, wodurch das Glas nebst der Scale ein
hafteres und feineres Ansehen erhält. Durch langen Ge-
uch und vieles Reinigen wird der Zinnober aus den Vertie-
gen der Scale entfernt, kann aber durch das angegebene Ver-
ren wieder hergestellt werden. Endlich füge ich dieser An-
isung noch hinzu, daſs am besten das ganze Glas, worauf
tzt werden soll, mit Firniſs bedeckt wird, damit die Säure
nicht irgendwo blind mache, desgleichen daſs das Schmelzen
Aetzgrundes durch zu starke Hitze zu vermeiden ist, auch
ſs man vorsichtig das Einathmen der sauern Dämpfe vermei-
, weswegen die Arbeit am besten an einem Orte vorgenom-
 wird, wo ein schwacher Luftzug dieselben von dem Operi-
den entfernt[1].

Die Fluſssäure mischt sich mit Wasser unter heftiger Er-
zung, und zwar mit solcher Verdichtung, daſs das Gemisch
 einem gewissen Verhältnisse ein specifisches Gewicht von
250 zeigt. Sie bildet mit denjenigen Salzbasen, mit welchen
 sich nicht sogleich in Fluormetall und in Wasser zersetzt,
fluſssauren Salze, welche beim stärkern Erhitzen meistens
nfalls in Fluormetalle und verdampfendes Wasser zerfallen.
selben entwickeln mit Vitriolöl fluſssaure Dämpfe, welche
Glas angreifen; sie lösen sich sobald die Salzbasis nicht vor-
rscht, in Wasser auf; auch sind viele derselben unter ein-
er zu Doppelsalzen verbindbar.

Des *Fluorborons* ist Bd. I. S. 1100 Erwähnung geschehen.
Verbindungen des Fluors mit den Metallen, die *Fluorme-*
, kommen theils natürlich vor, theils werden sie durch Zu-
menbringen von Fluſssäure mit einem Metalle oder Metall-
de erhalten. Sie zeigen nie Metallglanz und sind meistens
ıt schmelzbar und das Fluorsilicium ist sogar gasförmig.
erleiden keine Zersetzung, für sich oder mit Kohle oder mit
serfreier Phosphorsäure geglüht. Beim Glühen mit Borax-
e entwickeln sie Fluorborongas, und beim Erhitzen mit
serhaltender Schwefelsäure dampfförmige Fluſssäure. Meh-
lösen sich in Wasser auf, öfters unter Abscheidung eines

1 Vergl. Lichtenberg im Gött. Taschenkalender 1789. S. 138.

Theils erzeugten Metalloxyds, so daſs dann die Lösung überschüssige Fluſssäure enthält.

So wie beim Chlor läſst sich auch beim Fluor die Ansicht durchführen, die Fluſssäure, so wie sie durch Destillation des Fluſsspathes mit Vitriolöl erhalten wird, sey eine Verbindung von Wasser mit einer hypothetisch trockenen Fluſssäure, welche aus Sauerstoff und einem hypothetischen brennbaren Körper, dem Fluorium oder Fluoricum bestehe; der Fluſsspath wäre hiernach eine Verbindung von Kalk mit der hypothetisch trockenen Fluſssäure, welche Säure, da sie mit sehr groſser Affinität gegen die Salzbasen begabt sey, unter allen trockenen Säuren bloſs durch die trockene Boraxsäure ausgetrieben werden könne, sofern hierbei die trockene Fluſssäure mit einem Theile der angewandten Boraxsäure eine innige Verbindung zu fluſsboraxsaurem Gas (unserm Fluorboron) einzugehen vermöge. Vitriolöl zersetze den Fluſsspath, weil dessen Wasser sich mit der hypothetisch trockenen Fluſssäure zu der oben beschriebenen liquiden Fluſssäure vereinige, während die Schwefelsäure den Kalk aufnehme. Nach dieser Ansicht wären endlich alle Fluormetalle, namentlich auch das Fluorsilicium, als Verbindungen der hypothetisch trockenen Fluſssäure mit Metalloxyd zu betrachten.

G.

Fluſs.

Fluxus; Flux; *Flux*. Mit diesem Ausdrucke belegt man

1. *den geschmolzenen Zustand einer Materie.* Man spricht z. B. von einem dünnen und zähen Fluſs, desgleichen von einem wässerigen und einem feuerigen Fluſs, in welchen verschiedene Materien durch Erhitzen kommen.

2. Auch versteht man unter Fluſs oder Glasfluſs mehrere feine Gläser, die besonders zum Nachahmen der Edelsteine dienen, wohin der *Straſsburger Fluſs* gehört.

3. Endlich nennt man solche Materien Flüsse oder Fluſsmittel, Schmelzungsmittel oder die Schmelzung befördernde *Zuschläge*, welche dienen, strengflüssigere Körper dadurch schmelzbar zu machen, daſs sie sich mit ihnen zu einer leichtflüssigen Verbindung vereinigen. Um z. B. die Kieselerde, die vielen Erzen beigemengt ist, schmelzbar zu machen, fügt man alkalische Substanzen hinzu, im Kleinen vorzüglich kohlensaures Kali und Natron, Borax, Salpeter, gebrannten Kalk

ſsspath, Glas, oder Gemenge von diesen Substanzen; im ſsen kohlensauren Kalk, Fluſsspath u. s. w. Umgekehrt ıt Kieselerde als Fluſs, wenn das Erz Kalk enthält. Beim tiren der Erze werden Erze, denen verschiedenartige für ı bei dem gegebenen Feuer unschmelzbare Erden (z.B. einers Quarz und Thon, andererseits Kalkstein und Schwerspath) gemengt sind, in dem Verhältnisse zusammen verschmolzen, s sich diese Beimengungen wechselseitig schmelzbar machen, l es wird somit ein weiterer Zusatz an Fluſs erspart. Hält Fluſs Kohle beigemengt, welche dem im Erze enthaltenen weren Metalloxyde den Sauerstoff zu entziehen hat, so heiſst ein *reducirender* Fluſs. Hierher gehört der im Kleinen geuchliche *schwarze Fluſs*, durch Verpuffen von 1 Theil Salter mit 2 Theilen Weinstein erzeugt, während der aus gleien Theilen dieser Mittel erhaltene *weiſse Fluſs* durch Gelt an überschüssigem Salpeter oxydirend wird. *G.*

Fluſs, S. Strom.

Fluth, S. Ebbe.

Folge der Zeichen.

rdo signorum coelestium, *Consecutio signorum*; rdre des signes; *Order of the Signs*, ist zunächst chts anderes, als die Ordnung der Zeichen in der Ekliptik, o nämlich der Widder dem Stiere, dieser den Zwillingen rangeht, und so fort. Diese Ordnung ist die richtige Folge r Zeichen in sofern, als die Sterne des Widders früher als e Sterne des Stiers, die Sterne des Stiers früher als die Sterne r Zwillinge durch den Meridian gehen. Man sagt daher von nem Gestirn, es bewege sich nach der Ordnung der Zeichen, ch der Folge der Zeichen *(in consequentia)* oder sey **echtläufig** *(directus)*, habe eine rechtläufige Beweıng *(motus directus*, mouvement direct; *forward direct motion)*, wenn es von einem Zeichen zu dem m, jener Ordnung gemäſs, *folgenden* Zeichen übergeht, oder enn die Längengrade auf der Ekliptik nach eben der Ordnung rtgezählt werden, indem die Länge des Gestirns (es mag nun oder auſser der Ekliptik sich bewegen) wächst. Ein Himelskörper bewegt sich *gegen* die Folge der Zeichen, *(in an-*

Digitized by Google

tecendentia seu praecedentia), wenn er aus dem S in den Widder, aus dem Widder in die Fische u. s. f. ü geht, wenn seine Länge abnimmt; und dann heiſst seine wegung **rückläufig** *(retrogradus motus*; mouvem retrograde; *a backward motion*). Wenn wir, dem Gesichte nach Süden gekehrt, den Himmel anse so steht jedes folgende Zeichen der Ekliptik uns mehr li und die Folge der Zeichen geht daher von der Rechten Linken. Denken wir uns im Mittelpuncte der Erde, und len uns vor, wir übersähen von dort aus den ganzen Hi so würde, wenn unser Kopf stets nach Norden gerichtet allemal das vorangehende Gestirn mehr rechts, das nachfol mehr links, vor uns stehen.

Betrachtet der im Mittelpuncte der Erde stehende Beob ter die Puncte auf der Oberfläche der Erde, so sieht er di vermöge der Rotation, nach der Folge der Zeichen fortrü und folglich stimmt die Umdrehung der Erde mit der Ord der Zeichen überein. Wenn wir dagegen von der Erde die Rotation der Sonne beobachten, so sehen wir ihre Fl nach und nach von Osten nach Westen, oder von der Li gegen die Rechte fortrücken; aber dennoch ist diese Bewe in der Wirklichkeit eine rechtläufige, das heiſst, einem Beoba ter im Mittelpuncte der Sonne erscheint eben diese Bewe nach der Folge der Zeichen. Könnten wir nämlich den nenfleck auch an der von uns abgewandten Seite der S seine Bewegung fortsetzen sehen, so würde sie uns v der Rechten nach der Linken gehend, ebenso, wie ein B achter im Mittelpuncte C der Sonne sie sähe, erscheinen, Fig. 26. von man sich leicht durch den Anblick der Figur übe wenn man den Beobachter auf der Erde sich in A denkt, den von b nach b', b'', b''', b'''', b''''', fortgehenden So fleck verfolgt. Aus eben den Gründen würde, selbst die Erde in A ruhete, die Venus b in dem nähern Theile Bahn als rückläufig erscheinen, in dem entferntern als r läufig. Eben so sehen wir die Jupitersmonde, wenn sie seits des Planeten vorbeigehen, in scheinbar rückläufige wegung, und schlieſsen daraus auf ihre wirklich rechtl Bewegung.

Wie es zugeht, daſs auch bei den oberen Planeten ei

einbar rückgängige Bewegung eintreten kann, wird im Art. *neten*, erklärt; der Beweis, daſs auch der Mond eine nach Folge der Zeichen gehende Rotation habe, im Art. *Mond.*

B.

Friction, S. Reibung.

Frost.

gus; *gelu*; gélée, *frost*. Die Temperatur der Luft, welcher Wasser im Freien gefriert, im Allgemeinen gleich-eutend mit *Kälte*. Wenn diese jedoch mehr eine andauernde chaffenheit der Witterung bezeichnet, so werden unter *st* meistens nur die geringeren Grade einer zufälligen Kälte standen, wie sie in gelindern Jahreszeiten statt findet. Oft n wird das Wort für den Actus des Gefrierens, und die rkung derselben gebraucht.

Vom *Gefrieren* und den damit verbundenen Erscheinungen oben beim Art. *Eis*[1] die Rede gewesen. Wir erwähnen r vornehmlich der *Nacht*- oder *Morgenfröste*, die im Früh-g oder Herbst sich einfinden, und durch das Ungewöhnliche d Unvorbereitete ihres Eintreffens den Gewächsen in vor-*lichem* Grade verderblich werden. Sie sind gemeiniglich Folge einer durch anhaltenden Regen, und in den Gebirgen al auch durch Schneefall bewirkte Erkältung der Atmosphäre. em der, während des Regens im westlichen Europa vorherr-nde, Westwind allmälig nach Norden umgeht, wird eine knere Luft herbeigeführt; es erfolgt Aufheiterung, und n diese des Nachts oder am Morgen früh eintritt, eine be-ntliche Wärmeausstrahlung des Bodens, deren erkältende kung noch durch den Verdunstungs-Proceſs der feuchten und der nassen Pflanzen erhöhet wird. Geht die Tempe-unter $+2^{\circ}$ R. herab, so bildet sich *Reif*, der jedoch den dischen Gewächsen wenig schadet; indem das Geistige ih-aftes selbst einer Kälte von — 1 bis 2 Graden widersteht. anhängende und eingesogene Wasser beschleunigt jedoch Gefrieren, daher solche Temperatur-Wechsel nach dem n viel bedenklicher sind, als bei trockenem Wetter. Be-ers nachtheilig wird dann das plötzliche Aufthauen des

. Th. III. S. 99 ff.

Eises durch die Strahlen der Morgensonne, indem die von dem gefrornen Wasser ausgedehnten Gefäfse sich nicht wieder allmälig zusammenziehen und ihre frühere Organisation herstellen können. Die plötzliche Erwärmung reizt die Pflanze zu einem erneuerten Kreislaufe der Säfte auf, ehe diese vom Hauptstamme zugeführt werden können. Daraus erfolgt Ueberreizung und Absterben der zärteren Theile des Gewächses. Oft auch bewirkt, zumal ein starker Winterfrost, mechanisch durch die Ausdehnung der gefrierenden Flüssigkeit das Zerspringen der Gefäfse, und spaltet selbst die Stämme der Bäume.

Der bedeutende Schaden, welchen in den nördlichen Gegenden der gemäfsigten Zone, die Frühlingsfröste an verschiedenen, einem milderen Klima angehörigen Gewächsen, z. B. dem Weinstock anrichten, hat schon verschiedene Vorschläge in Anregung gebracht, wie diesem Ereignifs, das nicht immer ganz unvorgesehen kommt, zu begegnen sey. Man hat angerathen, auf der einen Seite des Weinberges ein starkrauchendes Feuer anzuzünden, da dann der Wind den feuchten Rauch über jenes Stück Landes verbreiten, und dieser die Kälte mäfsigen würde. Allein bei Windstillen fällt jene Voraussetzung weg, und dann zumal sind die Fröste gerade am heftigsten. Eben so sollte eine Art künstlicher Regen durch Bespritzen mit Wasser die Kälte absorbiren. Allein diese Vorschläge gewähren immer nur eine sehr partielle und höchst ungewisse Hülfe; die Hauptsache ist, die Wärme-Ausstrahlung der Pflanzen zu verhindern, welche sie in eine noch niedrigere Temperatur versetzt, als die umgebende Luft hat. Ohne diese, erst durch Wells's Untersuchungen über den Thau thatsächlich erwiesene Theorie zu kennen, hat die Erfahrung einige Agrocultoren auf die Idee gebracht, die einzelnen Pflanzen mit einem darüber aufgesteckten Strohwisch, der sich mantelförmig über sie ausbreitet, zu schützen, oder auch ganze Pflanzungen durch Tücher, welche an hohen Stangen theilweise über dieselben ausgebreitet werden, vor dem directen Anblick des Himmels zu verwahren. Eben diese Verdeckung scheint auch dem Vorschlage der Obstpflanzer zum Grunde zu liegen, dafs man die Pfirsichspaliere mit Tannenreisig bestecken solle, um die schädlichen Wirkungen des Frostes abzuhalten.

H.

Frostdampf.

Von dieser Erscheinung, die hauptsächlich in den Polar-
ieeren sich zeigt, ist in diesem Werke bereits beim Art. *Eis*[1]
as Nöthige beigebracht worden. Sie scheint durch eine plözt-
che Temperatur-Erniedrigung der Luft hervorgerufen zu werden,
nd ist ein Niederschlag der aus dem wärmeren Wasser ent-
ickelten Dünste, besonders wenn diese durch Bewegung des
Vassers im Uebermafs hervorgelockt werden. Daher zeigt sich
r Frostdampf auf dem Meere nur bei frischem Winde, und
ldet daselbst eine für die Seefahrer eben so unangenehme als
fährliche Nebelschicht von etwa 80 Fufs Höhe. Auf den
üssen erscheint er gemeiniglich des Abends, wenn die Kälte
ch verstärkt. Auf den gewöhnlichen Seen findet er sich nicht,
eil dort zu seiner Bildung Wind erforderlich wäre, welcher
i der geringen Ausdehnung solcher Gewässer den Nebel bald
tführen würde. *H.*

Frühling.

'rühjahr, *Lenz; Ver*; Printems, *Spring*. Eine
r vier Jahreszeiten, die im Deutschen (wie im Englischen)
n der alsdann sich erneuernden Pflanzenwelt ihren Namen
haben scheint. Der Frühling folgt dem Winter; wenn es
ühling wird, so keimen alle Pflanzen hervor, die Bäume be-
nmen junges Laub, Blüthen u. s. w.

Der Anfang des Frühlings wird dann gerechnet, wenn die
nne sich über den Aequator des Himmels erhebt, und daher
es auf der ganzen nördlichen Halbkugel der Erde Früh-
ngs-Anfang, wenn die Sonne in die nördlichen Zei-
n der Ekliptik tritt, oder sich im Nullpuncte des Widders,
Puncte der Frühlings-Nachtgleiche befindet,
ches um den 20. März geschieht. Dann ist der Tag der
ht gleich, und die Tage sind im Zunehmen. Der Frühling
ert bis zu dem längsten Tage, da die Sonne ihre gröfste
lliche Declination erreicht hat; sie befindet sich dann im
puncte des Krebses, sie erreicht ihren höchsten Stand am
mel und es ist *Sommers Anfang*. Auf der südlichen Halb-

---

1 S. Th. III. S. 142.

kugel der Erde steht die die Sonne dann am tiefsten, wenn si uns am höchsten steht; daher ist dort Frühlings-Anfang um den 23. Sept. und der dortige Frühling dauert bis zum 21. Dec. wo die Sonne dort ihren höchsten Stand erreicht.

Diese Bestimmung gilt nur für die gemäſsigte, und mit ge wissen Modificationen für die kalte Zone. In der heiſsen Zon befolgen die Jahreszeiten eine andere, besonders von der Re genzeit abhängende, Ordnung, und da es dort keinen eigent lichen Winter, keine so auffallende Unterbrechung der Vege tation giebt, so lassen sich unsere Ausdrücke, welche auf Ge genden, die weit von der heiſsen Zone entfernt liegen, einge richtet sind, dort nicht gerade zu gebrauchen.

Obgleich wir aber im astronomischen Sinne den Anfang und das Ende des Frühlings als an gewisse Tage geknüpft an sehen, so ist doch der meteorologische Eintritt des Frühlings davon oft sehr verschieden. Allerdings ist die Zeit der Nacht gleiche ungefähr auch der Zeitpunct, wo bei uns angenehme milde Witterung, Frühlingswitterung, eintritt; aber dennoch kann sich der Winter eben so gut über diesen Zeitpunct hinaus verlängern, als von der andern Seite, ein früher Frühling schon vor jenem Zeitpuncte eintreten kann. *B.*

Frühlingsnachtgleiche.

Aequinoctium vernum; Équinoxe du printems *Vernal Equinoxe.* Die Zeit der Frühlingsnachtgleiche i der Augenblick, da die Sonne den Durchschnittspunct d Ekliptik und des Aequators erreicht, von welchem an sie s nördlich vom Aequator entfernt, und den Anfang unsers Frü lings hervorbringt. Da die Sonne dann für die ganze Er Aequator des Himmels erscheint, und ihr Tagekreis mit d Aequator zusammenfällt, so verweilt sie für alle Gegenden d Erde gleichmäſsig 12 Stunden über und 12 Stunden unter d Horizonte. *B.*

Frühlingspunct.

Punct der Frühlingsnachtgleiche, Wi derpunct, erster Punct, oder Nullpun des Widders; *Punctum aequinoctii ver*

unctum primum arietis; Équinoxe du Printems, Prémier point du belier; *the aequinoctial Point.* — Derjenige Durchschnittspunct der Ekliptik mit dem Aequator, in welchem die Sonne anfängt, sich nördlich von der Ekliptik zu entfernen. Die Sonne erreicht diesen Durchschnittspunct allemal um den 21. März und die Einrichtung unserer Schaltjahre dient dazu, diesen Tag mit jenem Phänomene zusammenstimmend zu erhalten. Da von hier an die Grade der Ekliptik gezählt werden, und der Widder, als die ersten 30 Grade einnehmend, angegeben wird, so ist jener Punct der Anfangspunct oder Nullpunct des Widders, oder 0° ♈.

Daſs dieser Punct in sehr alter Zeit in das Sternbild des Widders fiel, aber sich jährlich um etwas weniges, immer mehr davon entfernt, wird im Art. *Vorrücken der Nachtgleichen* weiter erklärt werden. Wie es mit groſser Genauigkeit gefunden wird, zeigt Bessel bei der Berechnung von Bradley's Beobachtungen[1]. Seine jetzige Lage ist zwischen dem Schwanze des südlichen Fische und dem Schwanze des Wallfisches. Die Grade des Aequators sowohl als die Grade der Ekliptik werden von ihm an nach der Folge der Zeichen[2] fortgezählt. *B.*

Funke, elektrischer.

Scintilla electrica; Étincelle électrique; *Electrical spark.* Die bei der elektrischen Wechselwirkung zwischen zweien Körpern in den Zwischenräumen zwischen denselben Statt findende, und durch diese elektrische Wechselwirkung selbst wesentlich bedingte schmale, zusammengehaltene, cylindrische Lichterscheinung, welche auch bei Tage sichtbar von einem knisternden Laute begleitet ist, und augenblicklich vorübergeht, wird mit dem Namen des *elektrischen Funkens* bezeichnet.

Es ist bereits von demselben, als einer der Formen, unter welcher sich die E. von einem Körper an den andern mittheilt, unter dem Artikel *„Elektricität"* und zwar in dem Abschnitte *„Mittheilung"*[3] und auch unter dem Artikel *„Elektrisir-*

1 Fundamenta astronomiae pro anno 1755 deducta ex observat. J. Bradleyi. Regiom. 1818.

2 S. Art. *Folge der Zeichen.*

3 S. Bd. II. 268.

Maschine" in dem Abschnitte „*Wirkungen derselben*"[1] im allgemeinen gehandelt worden. Hier mögen noch einige an diesen beiden Orten übergangene Bestimmungen dieses merkwürdigen Phänomens nachträglich am besten ihren Platz finden.

I. Die Erfahrungen.

Die el. Lichterscheinungen sind sehr mannigfaltig von Ansehen und Form, und in ihrem schnellen Vorübergehen kaum stets mit Bestimmtheit aufzufassen. Es sind in dieser Hinsicht eine Menge Stufen von dem ersten Auftreten eines leckenden el. Lichtes, welches einen entweder ursprünglich vorzüglich durch Reiben oder durch Mittheilung el. Körper umgiebt, und gleichsam an demselben mehr haftet, durch die einfachen oder mehr büschelförmigen Ausstrahlungen und Feuerpinsel von den verschiedensten Graden der Ausbreitung bis zu den stärksten Funken, verbunden mit den mannigfaltigsten Modificationen des *Glanzes*, der *Farbe*, und des dieselben begleitenden *Geräusches*, die theils durch die verschiedene Intensität, Quantität und Qualität der Elektricität selbst, theils durch die Form, Ausdehnung und sonstige Beschaffenheit der Körper, an welchen die E. auftritt, endlich durch die Ausdehnung und Beschaffenheit des Zwischenraumes, in welchem die Lichterscheinung vorkommt, bestimmt werden, dergestalt, daſs die kleinste Abänderung in diesen Umständen eine Modification dieses beweglichsten aller el. Phänomene bedingt.

Nicholson[2] hat in einem kleinen Aufsatze eine Menge solcher sich mannigfaltig verändernder Lichterscheinungen beschrieben, deren Veränderung theils durch die Schnelligkeit, mit welcher die Maschine gedreht wurde, und die davon abhängende Intensität der die Lichterscheinung zeigenden Kugel, theils durch die Gröſse dieser Kugel, und die verschiedene Entfernung, in welcher eine Spitze derselben entgegengehalten ward, bestimmt wurden. Das besonders merkwürdige hierbei war, eine el. *Licht-Atmosphäre* oder ein heller Kreis leckenden Lichtes rund umher an der Oberfläche der 2,5 Zoll im Durchmesser haltenden Kugel mit ausfahrenden Büscheln, wenn eine Spitze in groſser Entfernung

1 S. Bd. III. 457.

2 G. XXXII. 106.

ehalten wurde, bei deren Annäherung die Büschel verschwanen, und ein ausnehmend glänzender Fleck an der Oberfläche er Kugel zum Vorschein kam, der manchmal an einer Stelle lieb, andere Male sich umher bewegte, bis endlich bei noch rößserer Annäherung aus diesem Fleck *ramificirte Funken* ausrahlten und ein leckender, leuchtender, Kreis erschien, woei der glänzende Fleck nie im Mittelpuncte dieses Kreises ar, sondern in einiger Entfernung rund um den Kreis sich ewegte, unregelmäßsig, manchmal nach einer, andere Male ach entgegengesetzter Richtung, manchmal auch ganz still stand.

Ich habe diese Beobachtungen absichtlich an die Spitze dies Artikels gestellt, um das Wandelbare, und in bestimmten arstellungen schwer zu fixirende in diesen el. Lichterscheinunen recht klar zu machen. So lassen sich dann auch die Funen kaum durch eine scharfe Grenzlinie von den ihnen in eiigen ihrer Modificationen so nahe stehenden el. Ausstrahlunen, Büscheln und Pinseln trennen, wenn gleich da, wo sie n ihrer reinsten Form auftreten, kein Zweifel über die Eigenhümlichkeit dieser el. Lichterscheinungen obwalten kann. In lieser reinsten Form erscheinen sie als ein gerader, glänzender, *veißser*, plötzlich vorübergehender, Lichtcylinder mit einem igenthümlichen Knalle bei der Ausgleichung der an einem ollkommenen Leiter angehäuften + oder — E von der abgeundeten Oberfläche desselben aus gegen einen demselben geäherten, in seinem natürlichen el. Zustande sich befindenden, leichfalls eine abgerundete Oberfläche darbietenden, vollkomien mit dem Erdboden verbundenen Leiter, also unter den für ie Wiederherstellung des el. Gleichgewichts günstigsten Beingungen, und zwar in einer Weite, die nach der Beschaffeneit und Intensität der an dem Leiter angehäuften E., der Ausehnung desselben und dem Durchmesser der kugelförmigen berfläche seines Endes eine verschiedene ist. Das Nähere ber den Einfluſs dieser Umstände auf die Länge des Funkens der die sogenannte *Schlagweite* ist schon unter dem Artikel *Elektrisir-Maschine*" angeführt worden. Man hat viel darber gestritten, von wo aus bei der Ausgleichung der E. einerits zwischen einem positiv elektrisirten und einem im natürchen Zustande sich befindenden, andererseits zwischen einem egativ elektrisirten und einem andern im natürlichen Zustande ch befindenden, endlich zwischen einem positiv und einem

negativ elektrisirten der Funke ausgehe. Wenn man nach den am allgemeinsten angenommenen Ansichten den Funken als eine wirkliche Mittheilung und einen Uebergang einer el. Materie ansieht, so würde nach der Franklin'schen Theorie in dem ersten und dritten Falle dieser Uebergang von dem positiv elektrisirten, in dem 2ten von dem im natürlichen Zustande sich befindenden Körper statt finden, und hier also die Entstehung des Funkens ihren Anfang nehmen, nach der Theorie zweier Materien dagegen in allen drei Fällen von beiden Körpern aus gleichmäfsig ein Funke ausgehen, auch dieser Funke in seiner ganzen Beschaffenheit für jede der beiden E. ein eigenthümlicher seyn, wobei jedoch das verschiedene Isolirungsvermögen des jedesmaligen Mediums für die verschiedenen E. so wie die verschiedene relative Intensität und Quantität derselben einen Unterschied in Ansehung der Weite, bis zu welcher in diesem *Zusammenstrahlen* die eine E. der andern entgegen kommt, veranlassen könnten.

Die Erscheinungen selbst sind in dieser Hinsicht nicht ganz entscheidend, wenn sie gleich im Ganzen der dualistischen Ansicht günstiger sind. Wenn nämlich in dem Funken ein *wirkliches* el. Fluidum von dem einen Körper zum andern *übergeht*, so müfste bei dem gleichmäfsigen Widerstande, den die Luft von allen Seiten entgegensetzt, dieses Fluidum als ein kleiner sphärischer Körper übergehen und wie ein leuchtendes Kügelchen erscheinen. Die Geschwindigkeit des Ueberganges ist aber so grofs, dafs der ganze Weg auf einmal zu leuchten scheint, und eben darum die Erscheinung einen Lichtcylinder darstellt. Eben diese Geschwindigkeit macht es aber auch, wenigstens bei den kurzen und geraden Funken, die bei hinlänglicher Annäherung der Leiter an einander überschlagen, ganz unmöglich, den Entstehungspunct des Funkens und seine Richtung und in ihm selbst einen Gegensatz zweier E. zu unterscheiden. Anders verhält sich die Erscheinung, wenn die Funken, bei gröfserer Entfernung der Leiter von einander, überspringen. In diesem Falle sind sie nicht mehr gerade, sondern stets *geschlängelt* oder eigentlich *zickzackförmig*, und bei sehr wirksamen Elektrisir-Maschinen, aus deren Conductoren, wie schon oben bemerkt, Funken von 12—24 Par. Zoll und bis zur Dicke eines Federkiels auf die Auffangkugel überschlagen, sieht man aus den Hauptfunken Feuerbüsche nach

llen Seiten ausstrahlen. Das Zickzackförmige der Funken hat ıan aus den feuchten oder leitenden Theilen herleiten wollen, ie in der Luft nahe an ihrem Wege liegen, und auf die sie ugehen, um den Weg zu wählen, wo sie den wenigsten Wierstand antreffen. Aber bei der Constanz und Gleichförmigeit dieser gebrochenen Zickzackform läſst sich eine so wandelare und zufällige Ursache nicht annehmen, vielmehr scheint as mit groſser Schnelligkeit sich bewegende el. Fluidum die ım entgegenstehende Luft zu verdichten, die ihm also in geraer Richtung mehr Widerstand leistet, als seitwärts, weswegen s dann seinen Lauf ändert, die Luft auf diese Art in einer euen Richtung verdichtet, und von ihrem Widerstande aberıals gewendet wird, welche wechselnde Bewegungen nothvendig jene zickzackförmigen Erscheinungen bewirken müssen, anz auf dieselbe Art wie die Zickzackform des Blitzes erklärt vird. Auf dem kürzeren Wege erreicht das el. Fluidum dageen sein Ziel, ehe eine hinlängliche Verdichtung zur Ablenkung lesselben bewirkt worden ist.

In den längern el. Funken unterscheidet man eine Ungleicheit des Lichtes, die einigermaſsen von dem Gegensatze der E. bzuhängen scheint. Doch stimmen die Angaben der Beobachter ı dieser Hinsicht nicht vollkommen mit einander überein. Hildebrand, der überhaupt viele Versuche über das el. Licht ngestellt hat[1], glaubt[2], daſs ein gröſserer Funke im gröſsten heile seines Weges von +E hinfahre, aber nahe an —E ım ein kleinerer Funke entgegenkomme. Wo sie zusammeneffen, sey das Licht am stärksten und violett, das übrige eiſs. Bis auf einen gewissen Grad stimmt auch Knoch[3] daüt überein, welchem zufolge in jedem Funken sich stets eine telle findet, welche violett, ins Kupferfarbige übergehend t, und sich von der übrigen Feuerfarbe des Funkens unterheidet, in welchem Violett sich die beiden aus dem Conductor nd dem Auslader gleichmäſsig hervorbrechenden Funken vernigen sollen, und zwar soll das Violett bald in der Mitte, ald dem Leiter und bald dem Auslader sich näher finden, ımlich bei überwiegender negativer E. (was jedoch nie mög-

1 Schweigg. Journ. I. 237. XI. 437.
2 Dynamische Physik II. 761.
3 G. XXIV. 104.

lich ist, wenn ein positiv el. Leiter mit einem im natürlichen Zustande befindlichen Auslader in Wechselwirkung tritt, von welchem Falle doch allein Knoch handelt) dem Conductor näher als dem Auslader, und in diesem Falle soll der Funke von diesem aus überzuspringen scheinen, bei überwiegender positiver E. dagegen näher dem Auslader. Mir scheint dagegen bei längeren Funken, die zwischen dem positiven Conductor und der gewöhnlichen Auffangkugel überschlagen, die gegen den positiven Conductor gekehrte gröſsere Hälfte des Funkens mehr purpurfarbig oder röthlich violett, die nach der Auffangkugel, also nach der negativen Seite hin, gekehrte Hälfte mehr blau, wobei auf dieser Seite der gröſsere Glanz des Funkens zum Vorschein kommt, der jedoch am häufigsten in irgend einer Stelle zwischen den beiden Körpern auftritt. Bisweilen ist die Licht-Continuität in der einen oder der andern Stelle des Funkens unterbrochen; die scheinbare Beziehung der entgegengesetzten Farben auf die entgegengesetzten E. hat indeſs Ritter[1] als eine constante gesetzmäſsige Verknüpfung, jedoch auf eine entgegengesetzte Weise als nach unserer Darstellung, aufgestellt, und zwar insbesondere für die Funken bei der Entladung von Flaschen und Volta'schen Säulen. Er behauptet nämlich, daſs auf der ersten Stufe, wo bei der Entladung überhaupt ein Funke zum Vorschein kommt, erst ein stilles, rothes, in die Breite flammendes Sternchen erscheine, welches mit zunehmender Spannung gröſser werde, mit geschiedenern, dichteren, häufigeren und längeren Strahlen, worauf in der Mitte des sonnenähnlichen Sterns sich ein blaues Pünctchen oder Kügelchen zeige, welches zunehme, während die Ausbreitung des Sterns nicht weiter wachse, welches vielmehr endlich von dem wachsenden blauen Kerne verschlungen werde, wobei dann die rothe Farbe des Sterns und die blaue des Kerns immer matter werden, so daſs es scheine, als erlöschten sie zuletzt beide in der einen Mittelfarbe des übrigbleibenden Kugelfunkens. Der blaue Kern in der Mitte soll von gegenwärtiger freier positiver E., der rothe Stern von gegenwärtiger freier negativer E. herrühren. Diese Behauptung unterstützt Ritter noch ferner durch die Beschaffenheit der Funken einer Volta'schen Säule, in denen bei ableitender Berührung des negativen Pols, wenn

1 G. VI. 26 ff.

: aus dem positiven Pole ausgezogen werden und folglich s + überwiegt, auch das *Blau*, und im umgekehrten Falle s *Roth* vorherrschend seyn soll, so wie durch das im Auge sehene blaue Licht, wenn der positive Pol einer Volta'schen nle, durch das rothe Licht dagegen, wenn der negative Pol f dieses Organ einwirke. Aufserdem will RITTER auch eine ecifische Verschiedenheit in dem Schalle, wenigstens der galnischen Funken, gemäfs ihrer el. Beschaffenheit, bemerkt ben, indem dieser Schall in den gewöhnlichen aus + und · gleichmäfsig gemischten Funken, wie sie erscheinen, wenn e Säule ohne Ableitung ist, als ein *Knicksen* erscheine, wähnd die mehr oder auch blofs blauen Funken *knackend*, die ehr oder blofs rothen Funken *zischend* seyn sollen[1]. Es würm sich an die Ritter'schen Verknüpfungen sehr gut MORICHII's Erfahrungen anschliefsen, der durch die Concentration des ioletten Lichtes positive E. erregt fand[2], dagegen stimmen ir die von mir aufgestellte Beziehung mehr die Versuche HELER's[3] über die verschiedenen Funken bei der Entladung einer eidner Flasche unter verschiedenen Umständen. Entladet man ämlich dieselbe auf die gewöhnliche Weise durch einen meallischen Auslader, der mit der äufsern Belegung verbunden lem Knopfe genähert wird, so entsteht bekanntlich ein sehr ebhafter, weifser und stark knallender Funke, setzt man dagegen die Flasche auf das eine Ende eines Streifens nassen Paiers oder Leinwand von einigen Zollen Länge und den untern Knopf des allgemeinen Ausladers auf das andere Ende, und entadet nun mit dem andern Ende, so ist der Funke roth, klein md sein Schall mehr dumpf. Wird der untere Knopf auf dieem Streifen allmälig der Flasche genähert, so dafs die Strecke les unvollkommenen Leiters immer kleiner wird, so geht der 'unke durchs Röthliche ins Röthlichweifse über und nimmt auch n Länge und an Stärke des Knalles zu. Setzt man die Flasche uf einen Nichtleiter, z. B. einen Harzkuchen, und den einen Knopf des Ausladers auf denselben und nähert den andern dem Knopfe der Flasche, so sind die Funken einzeln, röthlich, lein, dumpf, und die Entladung geschieht nur höchst unvoll-

---

1 G. XIII. 80.
2 Schweigg. J. VI. 338.
3 G. VI. 249.

Digitized by Google

kommen. Knall, Länge und Farbe des Funkens stehen offenbar im Verhältnisse mit einander. Wo also die beiden E. mit der gröſsten Freiheit sich ausgleichen können, keine das Uebergewicht hat, da ist das Licht weiſs, der Funke lebhaft, bei relativem Uebergewichte der positiven E., wie es wenigstens in den angegebenen Versuchen statt findet, verändert sich dagegen das Licht in Roth. Eben so erscheinen Funken, die man durch Kugeln von Holz oder Elfenbein aus positiv el. Leitern auszieht, von carmosinrother Farbe, wo gleichfalls wegen des unvollkommenen Leitungsvermögens der letzteren das + nicht schnell genug sein — zur vollkommenen Ausgleichung vorfindet, und überhaupt haben die durch unvollkommene Leiter ausgezogenen Funken ein purpurfarbenes Ansehen [1].

Am auffallendsten wird aber die Farbe des el. Funkens durch die *Beschaffenheit des Mediums* modificirt. Ich habe in dieser Hinsicht schon unter dem Artikel „*Elektricität*" die interessanten Versuche Davy's über die verschiedenen Farben des el. Funkens beim Durchschlagen durch die Torricelli'sche Leere unter verschiedenen Umständen angeführt. Ganz besonders gehören aber hierher die Versuche von Grotthuss in verschiedenen Gasarten und Dämpfen [2]. In den Dämpfen des Weingeistes nahm das el. Licht eine herrlich grüne Farbe an und bildete einen seladongrünen Farbenstrom, das schönste Schauspiel im Dunkeln; zugleich verwandelten sich diese Dämpfe in ein permanentes Gas (wahrscheinlich erstes Kohlenwasserstoffgas); auch in Aetherdämpfen sind sie grün, doch soll diese Farbe weiſs erscheinen, wenn man das Auge dicht an die Glasröhre hält, und aus einer beträchtlichen Entfernung betrachtet, röthlich [3]; im Wasserstoffgase haben sie eine schöne purpurrothe Farbe, eben so in verdünnter atmosphärischer Luft. Daſs indeſs die purpurrothe Farbe nicht bloſs von der geringern Dichtigkeit des Wasserstoffgases abhängt, beweiset der Umstand, daſs auch in dem verhältniſsmäſsig viel dichteren Ammoniakgas und in dem Phosphor-Wasserstoffgase die Funken gleichfalls noch roth erscheinen. In den Dämpfen des kochenden Wassers zeigt sich der Funke gelb oder pomeranzenfarben,

1 Vergl. Singer S. 60.
2 Schweigg. J. II. 142 ff.
3 Singer a. a. O. S. 60.

n trockenen kohlensauren Gase und Sauerstoffgase von dem stärksten Glanze und blau violetter Farbe. In durch eine Quecksilbersäule von zwei Schuhen verdichteter atmosphärisscher Luft war der Funke lebhafter, als in gewöhnlicher atmosphärischer Luft und ohne Farbe.

Grotthuss zieht aus seinen Versuchen den Schluſs, daſs die Intensität (der Glanz) des el. Lichtes stets im directen Verhältnisse mit der Dichtigkeit und im umgekehrten mit der el. Leitungskraft des Gases oder Dampfes stehe, und damit stimmen auch vollkommen H. Davy's unter dem Artikel „*Elektricität*" angeführte Versuche überein, welchen zufolge der Glanz des el. Lichtes in der Torricelli'schen Röhre mit der Temperatur zunahm, womit die Dichtigkeit der Dämpfe der sperrenden Flüssigkeit verhältniſsmäſsig vermehrt wurde, und auch gröſser in denjenigen Dämpfen war, welche als schlechtere Leiter der E. angesehen werden können, als in denjenigen, die bessere Leiter sind, stärker nämlich in den Dämpfen des Olivenöls und Chlorspieſsglanzes, als in denjenigen des Quecksilbers. Was aber insbesondere den Gegensatz der Farben des el. Funkens in diesen verschiedenen elastischen Flüssigkeiten betrifft, so meint Schweigger[1] daſs die verschiedene Brechungskraft hierbei den Haupteinfluſs äuſsere, daſs nämlich bei groſser Brechungskraft (Wasserstoffgas, Ammoniakgas) sich die Farbe ins Roth, bei geringer Brechungskraft (Sauerstoffgas, Kohlensaures-Gas) ins Blaue ziehe. Ob hierbei die eigenthümliche und verschiedene gebundene E. der Gasarten selbst mitwirke, mag hier vorläufig als eine Frage hingestellt werden, auf welche ich weiter unten zurückkommen werde.

Besondere Modificationen in der Farbe des el. Funkens hängen auch noch von der Oberfläche der Körper ab, an welcher derselbe hinstreicht. So erscheint er an der Oberfläche von versilbertem Leder glänzend grün, ein langer über Kohlenpulver hinstrahlender Funke ist gelb, und als van Marum den Strahl durch die Torricelli'sche Röhre über Phosphor streichen lieſs, sah er dessen Licht auffallend verändert, gröſstentheils von grünlich gelber Farbe in der Mitte, und wo der Strahl am

---

1 Dessen Journ. II. 150.

Digitized by Google

dichtesten war, so wie an der Oberfläche des Phosphors, von einem lebhaften Roth[1].

Zur Entstehung des el. Funkens ist nicht in allen Fällen ein Zwischenraum von Gas oder Dampf erforderlich, sondern er erscheint auch in seinem ganzen Lichtglanze, wenn man eine Leidner Flasche durch eine Schicht Wasser, Oel, Aether u. s. w. entladet, zu welchem Behuf man am besten eine Röhre nimmt, die etwa 6″ lang ist und einen halben Zoll im Durchmesser hat, deren beide Enden man mit Körken wohl verschliefst, und durch die man Drähte steckt, die sehr nahe an einander gebracht werden. Verbindet man den einen mit dem äufsern Belege, und den andern durch den Auslader mit dem Knopfe der Flasche, so sieht man bei der Entladung der Flasche einen sehr starken Funken zwischen den Enden der beiden Drähte, doch darf man zu diesem Versuche nur eine kleine Flasche nehmen, weil man sonst Gefahr läuft, dafs die Röhre mit grofser Gewalt durch die Explosion zersprengt werde. Hat dagegen die Saule Flüssigkeit eine Ausdehnung von mehreren Zollen zwischen den beiden Drähten, so geschieht die Entladung ohne einen solchen Funken, und jene Gefahr findet nicht statt, auch wenn man eine sehr grofse Flasche oder Batterie dadurch entladet.

Ueber die Verlängerung des Funkens durch mehrfache Unterbrechung und durch Fortleitung an einen unvollkommenen Leiter ist bereits im Artikel: *Elektrisir-Maschine* und *Flasche, elektrische* gehandelt worden. Meineke[2] hat auf diese Vervielfältigung des el. Lichts den Vorschlag gegründet, die F. zur Beleuchtung anzuwenden, indem man Kugeln und Röhren, die im Innern mit Stanniolblättchen belegt sind, vorrichten und überdies verdünnte Luft und Wasserstoffgas zu Hülfe nehmen soll. Allein gerade in diesen beiden Medien fehlt es dem Funken an dem gehörigen Glanze, und der ganze Vorschlag gehört in eine Classe mit denjenigen, durch Reiben der Körper die Wärme für den häuslichen Gebrauch hervorzubringen.

Wie klein ein Funke seyn könne, um selbst bei hellem Tageslichte noch sichtbar zu seyn, darüber hat Haldane[3] eine auf Versuche sich gründende Berechnung angestellt, aus wel-

1 G. I. 248.

2 Ebend. LXII. 87.

3 Ebend. VII. 197.

:her sich ergiebt, dafs wenigstens galvanische Funken, die übrigens an und für sich betrachtet, gleichfalls einen rein elektrischen Charakter haben, bei einer Länge, die höchstens $\frac{1}{7500}$ Z.)eträgt, noch vollkommen sichtbar sind. Doch wird bei einer ;o geringen Intensität der E. eine aufserordentliche Quantität des :l. Fluidums erfordert, in welcher Hinsicht eine Volta'sche Säule jeden andern Apparat weit übertrifft. In Rücksicht auf lie Länge der Funken geladener Flaschen zeigte schon CAVENDISH[1], dafs dieselbe nicht von der Zahl der Flaschen oder ihrer Gröfse, sondern von der Spannung, bis zu welcher sie geaden sind, abhängt. Bei der Ladung einer Flasche und mehrerer von gleicher Gröfse mit dieser bis zu einem Grade, dafs sie gleich starke Schläge geben, wo also letztere zu einer verhältnifsmäfsig geringeren Spannung geladen sind, ist seinen Versuchen zufolge die Entfernung, in welcher der Funke von den mehreren Flaschen überschlägt (zu welcher Bestimmung das Lane'sche Auslade-Elektrometer am tauglichsten ist) umgekehrt kleiner in einem gröfseren Verhältnisse als die Quadratwurzel aus der Zahl der Flaschen.

Die Länge der Funken zu messen haben JOH. FRIEDR. GROSS[2], LE ROY[3] und LANGENBUCHER[4] eigene Werkzeuge unter dem Namen *Funkenmesser* angegeben. Sie bestehen aus Kugeln, die man mit ihren Stielen so verschieben kann, dafs nan an einer Eintheilung, die auf diesen Stielen selbst angeracht ist, ihre jedesmalige Entfernung von dem elektrisirten Körper, zwischen welchem und der Kugel die Funken überpringen, genau ablesen kann. Auch dient, um sehr kleine Unterschiede zu bestimmen, eine lange schraubenförmig eingechnittene Stange mit bekannter Weite der Schraubengänge.)er oben genannte JOH. FRIEDR. GROSS, der dem Verfasser ieses Artikels als einer der eifrigsten Elektriker genau persönch bekannt und sein erster Lehrer in diesem wichtigen Fache er Physik gewesen ist, hat in der oben angeführten Schrift ıerst ein besonderes Phänomen des el. Funkens angezeigt, das

1 Ph. Tr. LXVI. 202.

2 Elektrische Pausen. Leipzig 1776.

3 Mém. de l'Acad. de Paris 1761. p. 541.

4 Beschreibung einer verbesserten Elektrisir-Maschine. Anspach 80. 8. S. 46.

er mit dem Namen der *el. Pausen* belegte, und wovon noch unter dem Artikel: *Spitzen* besonders gehandelt werden soll.

II. Die Theorie.

Ueber den eigentlichen innern Vorgang bei der Entstehung des el. Funkens, und insbesondere die Quelle des Lichts und die Art des Zusammenhanges der verschiedenen Intensität dieses Lichtes, und der verschiedenen Farbe mit den Umständen, die hierbei ihren Einfluſs äuſsern, schwebt noch Dunkelheit, und die Ansichten der Physiker hierüber sind von der Einstimmigkeit noch weit entfernt. So viel ist indeſs als Thatsache entschieden, daſs im eigentlichen el. Funken stets die Thätigkeit beiderlei Elektricitäten concurrirt, wodurch derselbe sich von den bloſsen Feuerbüscheln unddem leckenden el. Lichte unterscheidet, bei denen man allerdings bis auf einen gewissen Grad bloſs eine einseitige Thätigkeit einer einzelnen E. annehmen kann. Jeder Funke beruht nämlich, wie oben bemerkt ist, stets auf einer Ausgleichung des el. Zustandes zweier Körper von verschiedener el. Beschaffenheit. Sind die beiden Körper bereits zum voraus in einem entgegengesetzt el. Zustande, so ist die Sache von selbst klar; ist der eine Körper positiv *oder* negativ, und der andere im natürlichen el. Zustande oder *0*, so geht der Entstehung des Funkens immer eine Vertheilung des 0 voran, und es tritt an dem 0 Körper erst die entgegengesetzte E. auf, die bei Annäherung der Körper gegen einander stufenweise zunimmt, bis sie in der Schlagweite ein relatives Maximum erlangt hat, folglich gleichfalls wieder + und — zusammenwirken. Aber selbst wenn gleichartig positive oder negative Körper ihren verschiedenen el. Zustand durch einen Funken ausgleichen, geschieht dieses nur unter der Bedingung, daſs der eine Körper in einem höheren Grade positiv oder negativ elektrisirt ist als der andere, dessen überwiegende E. dann abermals in dem mit ihm in Wechselwirkung tretenden Körper ihren Gegensatz hervorruft, und sich zunächst mit diesem ausgleicht, ohne jedoch in diesem Falle das 0 wieder herstellen zu können. Eben so ausgemacht ist es, daſs die Intensität des el. Lichtes oder der Glanz des Funkens um so gröſser ist, je rascher die Ausgleichung der Gegensätze erfolgt, und je gröſser die Quantitäten der E. sind, die sich in gleicher Zeit in einem gegebenen Raume mit einander ausgleichen. Dieser Ausglei-

chung, wenn sie mit der Erscheinung des Funkens begleitet seyn soll, mufs jedesmal eine Anhäufung und damit gegebene Verdichtung der E. an den Körpern, zwischen welchen die Funken überschlagen, vorangehen, welche durch die Umgebung derselben mit Nichtleitern vermittelst ist. Hier tritt nun die Schwierigkeit entgegen, warum das el. Fluidum, so lange es blofs an der Oberfläche angehäuft und verdichtet ist, in der Regel keine merkbaren Lichterscheinungen zeigt, ungeachtet es doch seine freie Wirksamkeit durch anderweitige Erscheinungen, namentlich die Anziehung und Abstofsung verkündigt. Diese Schwierigkeit haben die Physiker auf verschiedene Weise zu lösen gesucht und dadurch sind eben die verschiedenen Theorien des el. Funkens entstanden. Ich habe die sinnreiche Hypothese Biot's, die schon früher Morgan[1] vorgetragen hatte, bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" angeführt „dafs die Lichterscheinung dem von einem Körper zum andern übergehenden el. Fluidum selbst nicht angehöre, nicht unmittelbar aus dieser Quelle entspringe, sondern vielmehr durch die schnelle Zusammendrückung des Mediums durch die mit aufserordentlicher Geschwindigkeit übergehende E. aus diesem eben so hervorgelockt werde, wie man auch durch schnelle Zusammendrückung der elastischen Flüssigkeiten durch gewöhnliche mechanische Mittel Lichterscheinungen hervorrufen könne. Aufser den an jenem Orte schon gegen diese Erklärung aufgestellten Einwürfen scheint auch die Erfahrung des sichtlichen Durchschlagens elektrischer Funken durch Schichten von Oel und Wasser nicht damit vereinbar, dabei müfste man, um das fortwährende Durchschlagen von el. Funken durch einen kleinen mit Quecksilber gesperrten Luftraum ohne alle Abnahme des Lichtglanzes bei fortwährender Umdrehung der Elektrisir-Maschine zu erklären, annehmen, dafs die Luft von aufsen her immer wieder das verlorne Licht anziehe, worauf aber keines der begleitenden Phänomene hindeutet. Ob jene leuchtenden Kugeln, die man in gewissen Fällen mit geringer Geschwindigkeit sich hat fortbewegen sehen, el. Natur waren, ist wenigstens nicht ganz ausgemacht, und daher kann von hieraus kein eigentlicher Einwurf genommen werden.

Eben so wenig annehmlich als Biot's Erklärung ist die

1 Ph. Tr. LXXV. 198.

von NICHOLSON[1], daſs der el. Funke, wenn er nicht ausschlieſsend aus Theilchen des ponderablen Körpers, aus welchem er hervorgeht, bestehe, doch von solchen Theilchen begleitet werde. Aus den Beweisen, welche NICHOLSON für diese Meinung anführt, muſs man vermuthen, daſs er den el. Funken für eine wahre Verbrennung dieser Theilchen halte, indem er unter andern anführt, daſs man nie Funken zwischen unverbrennlichen Körpern wahrnehme, auch aus der auſserordentlichen Kleinheit der Strahltheilchen, welche den gewöhnlichen Funken beim Feuerschlagen zum Grunde liegen, auf die Möglichkeit schlieſst, daſs die Theilchen, die den el. Funken bilden, der Beobachtung ganz entgehen könnten. Daſs aber kein Verbrennen im gewöhnlichen Sinne des Wortes hierbei vorgehe, beweiset schon der Umstand, daſs sehr lebhafte Funken auch in bloſsen Dämpfen von Quecksilber und Chlorspieſsglanz erzeugt werden können. Auch möchte die Behauptung NICHOLSON's, daſs eine Metallkette, so oft ein el. Schlag hindurchgeht, immer etwas an Gewicht verliere, auf keinen Fall für alle Ketten, z. B. nicht für Ketten von Gold und Platin, gelten, und dann ist dieser Gewichtsverlust nicht Ursache sondern Wirkung des Funkens, der doch schon da war, ehe er durch die Kette hindurchschlug.

Eben so wenig läſst sich das el. Licht mit POHL[2] aus einer Wechselwirkung der atmosphärischen Luft mit dem elektrisirten Körper, namentlich dem elektrisirten Hauptleiter und dem Conductor des Reibzeugs erklären, vermöge welcher nach den sehr künstlich von diesem Physiker hierzu ersonnenen Schema einer zweigliedrigen Kette, ein offenbarer oder versteckter Oxydationsproceſs eintrete, von welchem, wie bei jedem andern gewöhnlichen Verbrennen, die Lichtentwickelung abhänge, und keineswegs von einer eigenen el. Materie, welche POHL consequent mit seiner dynamischen Ansicht aller el. Erscheinungen für eine bloſse Chimäre erklärt. Schon allein die fortwährende Erregung des lebhaftesten el. Lichtes in der *Hawksbee'schen* luftleer gemachten, bloſs etwas Quecksilberdampf enthaltenden *Glasröhre* schlieſst alle von POHL angenommenen Bedingungen zu jenem Processe aus, da einerseits

1 G. XXXIV. 111.

2 Der Proceſs in der galv. Kette. S. 320.

an der innern Oberfläche des Glases so wenig als an der Oberfläche des Quecksilbers jene Ecken und Hervorragungen im Gegensatze gegen rauhe Stellen existiren, die Pohl zur Construction einer zweigliedrigen Kette postuliren mufs, andererseits ein Medium, welches durch eine in Beziehung auf sich selbst desoxydirende, in Beziehung auf den Leiter oxydirende Thätigkeit wirkt, gänzlich fehlt. Nach dem, was ich bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" vorgetragen habe, sehe ich vielmehr den el. Funken als eine *reine Erscheinung des el. Fluidums selbst* an, und zwar in Folge einer theilweisen Zersetzung desselben, wobei alle Eigenthümlichkeiten des Phänomens nur unter der Voraussetzung zweier el. Materien zu einer harmonischen Darstellung gelangen. Wenn auch van Marum's Beobachtung in Beziehung auf den el. Funken unter allen Umständen sich bestätigte, dafs nämlich in dem Falle, wenn zwischen einem — elektrisirten und einem mit dem Erdboden in Verbindung stehenden, also im natürlichen Zustande sich befindenden, Leiter ein Funke überspringt, die aus demselben ausfahrenden Strahlen und Feuerbüschel ihre Richtung stets von dem 0 Leiter nach dem negativen Leiter hin haben, nach der Art wie die Figur sie darstellt, so würde diese Erscheinung doch keinen Einwurf gegen die sonst so gut begründete dualistische Ansicht abgeben, da sie durch die Erklärung, welche Tremery[1] von den Erscheinungen beim Durchschagen einer Charte gegeben hat, immer noch in gute Uebereinstimmung damit gebracht werden könnte. Aber es ist bereits unter dem Artikel „*Elektricität*" bemerkt worden, dafs unter gewissen Umständen beim Funkenziehen aus dem Conductor des Reibzeugs durch eine entgegengehaltene Kugel die Aeste des Funkens vielmehr gegen diese letztere und der Stamm gegen die negative Kugel gerichtet sind[2]. Fig. 77.

Die theoretische theilweise Zersetzung der el. Materie in den Funken und die davon abhängige Ausstrahlung des Lichts hängt aber eben so von der durch die Anhäufung des el. Fluidums an einer Oberfläche bewirkten Verdichtung desselben, dem man in einem gewissen Sinne eine dampfförmige Natur zuschreiben kann, ab, wie die Zersetzung des Wasserdampfes unter ähnli-

1 S. Art. *Flasche, elektrische.*
2 Bischoff in Kastner's Archiv II. 207.

chen Umständen. Es gilt überhaupt das allgemeine Gesetz, daſs in allen Fällen, wo eine starke Verdichtung der E. eintritt, Ausstrahlung von Licht erfolgt, auch wenn es nicht zur Bewegung derselben im Ganzen kommt. So zeigte sich in Nicholson's Versuchen mit der starken Verdichtung der E. eine kleine Kugel mit einem Kreise von Licht umgeben, und auf diese Weise scheinen alle el. Ausstrahlungen und Feuerbüschel der durch Reiben auf einen hohen Grad elektrisirter Körper von einer Zersetzung der an ihnen angehäuften und verdichteten E. abzuhängen. Je stärker diese Verdichtung ist, sey es nun durch vermehrten Widerstand des Mediums, oder durch gröſsere Anhäufung, um so stärker ist diese Zersetzung, um so mehr wird Licht ausgestrahlt, um so gröſser ist der Glanz des Funkens. Damit stimmen alle in diesem Artikel mitgetheilten Beobachtungen überein. Im luftleeren und von allen Dünsten durch Erkältung soviel möglich befreiten Raume findet keine Lichterscheinung statt, weil die E. in ihrem Durchgange gar keinen Widerstand findet und folglich auch die zur Zersetzung des el. Dampfes nothwendige Verdichtung nicht eintreten kann. Eben weil das Licht von der el. Materie selbst und nicht von dem Medium ausgeht, begreift man, warum beim Durchgange durch eine dünnere Schicht von Wasser oder Oel der el. Funke mit groſsem Glanze erscheinen kann, weil wegen des relativ groſsen Widerstandes dieser sehr dichten Medien die Verdichtung und die davon abhängige Zersetzung der el. Materie viel gröſser ist. Der Farbengegensatz, welcher im Allgemeinen in den beiderlei Arten von el. Funken sich zeigt, scheint auf dem Uebergewichte der einen Hälfte des Farbenspectrums in der einen, und der andern Hälfte in der entgegengesetzten E. zu beruhen. In die Mischung der — E scheint mehr die blaue, in die Mischung der + E mehr die rothe Hälfte einzugehen. Daher ist bei einer gehörigen Länge des Funkens dieser nach dem + Conductor hin mehr purpurfarbig, an der Auffangkugel, von welcher die — E der positiven entgegen kommt, mehr blau, in der Mitte dagegen, wo beide E. sich gleichsam mehr durchdringen und gleichzeitig vorhanden sind, integrirt sich das weiſse Licht aus den beiden Gegensätzen, eben wenn die Funken kürzer und die beiden E. dem Raume nach weniger von einander geschieden sind; doch scheint das glänzendste und weiſseste Licht dem positiven Leiter immer näher

zu liegen. Die überwiegend rothe Farbe des positiven Funkens im Wasserstoffgase rührt ohne Zweifel daher, daſs hier die negative E. von der dem Wasserstoffgase eigenthümlichen positiven mehr angezogen wird, und das Funkenphänomen also ausschlieſsend mehr von der positiven E. abhängt; der umgekehrte Fall muſs im Sauerstoffgase und kohlensauren Gase eintreten, wo vielmehr die + E. von der negativen dieser Gasarten angezogen wird, und die Zersetzung mehr ausschlieſsend die negative E. betrifft. Eben so erklärt sich die rothe Farbe des Funkens beim Ausziehen desselben aus einem positiv el. Conductor durch einen unvollkommenen Leiter, oder bei der unvollkommenen Entladung einer positiv geladenen Flasche, wo nothwendig ein Uebergewicht der positiven E. statt finden muſs, folglich die Zersetzung mehr oder ausschlieſsend diese betrifft, womit dann Ausstrahlung des rothen Lichtes gegeben ist.

III. Historische Notizen

Die ersten Beobachter des el. Lichts, Boyle, Otto von Guericke, Dr. Wall und Hawksbee sahen dasselbe bloſs an Nichtleitern. Jene beiden ersteren erkannten nur einen Schimmer und das Knistern davon. Dr. Wall[1] fühlte doch schon, daſs das Licht des geriebenen Bernsteins den Finger auf eine empfindliche Art mit einem plötzlichen Stoſse oder mit einem Blasen wie ein Wind treffe. Er verglich auch bereits das Knistern und die Lichtausstrahlung der geriebenen elektrisirten Körper mit dem Donner und Blitze, und stellte den Satz allgemein auf, daſs alle durch Reiben elektrisirte Körper Licht ausstrahlen. Hawksbee der in den ersten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts diese Lehre mit vielen neuen Thatsachen[2] bereicherte, nennt den Schall des el. Funkens ein Schnappen (snapping) und die Wirkung auf den Finger eine Art von Druck. Funken aus einem Leiter sah Gray zuerst, da er seine geriebene Glasröhre gegen die Oberfläche des Wassers in einem Gefäſse brachte[3]. Er erzählt, es sey ein feiner Strahl aus dem Wasser hervorgekommen. Die eigentliche Entdeckung des Funkens gehört aber du Fay, welcher ihn im Jahre 1732 zuerst aus seinem ei-

1 Ph. Tr. 1708. XXVI. 87.
2 Ebend. XXIV – XXVII.
3 Ebend. 1731. XXVII. 227.

genen Körper durch Hülfe anderer zog[1]. Er sowohl als diejenigen, die ihn berührten, empfanden einen Schmerz wie von einem Nadelstiche, oder vom Brennen eines Funkens, der durch die Kleider eben so wie auf die bloſse Hand wirkte und im Dunkeln sah man den Funken sehr deutlich. NOLLET, der damals DU FAY's Schüler war, bemerkt[2], er werde die Bestürzung nie vergessen, in welche der erste Funke aus dem menschlichen Körper DU FAY und ihn versetzt habe. Er fand hernach, daſs man aus Metallen noch stärkere Funken erhielte, wodurch GRAY veranlaſst wurde, metallene Conductoren oder erste Leiter anzubringen, die ihm so starke Funken aus Wasser gaben, daſs auch er, wie schon früher DR. WALL, die Aehnlichkeit mit dem Blitze ahndete.

Die deutschen Naturforscher, insbesondere GORDON in Erfurt, verstärkten den Funken noch mehr und bemühten sich brennbare Stoffe dadurch zu entzünden. DR. LUDOLF in Berlin und WINKLER in Leipzig waren die ersten, denen es im Jahre 1744 gelang, Weingeist anzubrennen. GRALATH in Danzig entzündete den Rauch einer eben verlöschenden Kerze, und BOSE in Wittenberg den von geschmolzenem Schieſspulver. DR. WILSON in London[3] wiederholte diese Versuche und fand daſs die Entzündung auch von statten gehe, wenn eine elektrisirte Person den Weingeist hielt, und eine unelektrisirte den Finger daran brachte.

Bald hierauf gab die Entdeckung der Leidner Flasche den Naturforschern ein Mittel, weit stärkere Wirkungen hervorzubringen, als der Funke der einfachen E. zu thun vermögend ist. Man ist daher auf die Verstärkung desselben nicht mehr so bedacht gewesen. NOLLET hat verschiedene Spielwerke, z. B. im Dunkeln leuchtende Buchstaben und andere Figuren darzustellen, sehr umständlich beschrieben[4]. Die neueren gröſseren und besser eingerichteten Maschinen haben inzwischen einfache Funken verschafft, deren Wirkungen denjenigen der verstärkten E. nicht viel nachgeben. Insbesondere sind die groſsen Funken der Harlemer Maschine sehr merkwürdig. Die

1 Mém. de Paris 1733.
2 Leçons de Physique. VI. 408.
3 Ph. Tr. 1745. XLIII. 481.
4 Lettres sur l'électricité Tome II. à Paris 1760. 12. p. 274.

Digitized by Google

von den neuesten Physikern herrührenden Erfahrungen den el. Funken betreffend, finden sich an ihrem Orte in diesem Artikel erzählt[1]. *P.*

Funke, galvanischer.

Wenn gleich der galvanische Funke im wesentlichen einerlei mit dem elektrischen ist, so zeigt er doch einiges Eigenthümliche abhängig von der Beschaffenheit der galvanischen Apparate, durch deren Hülfe er erhalten wird. Am passendsten wird indefs von demselben in dem diesen Apparaten gewidmeten Art.: *Säule, Volta'sche,* gehandelt werden. *P.*

Funkeln der Sterne.

Scintillatio stellarum; scintillation des étoiles; *twinkling of the stars, glittering of the stars.*

Die Sterne zeigen uns zuweilen bei ganz heiterem Himmel ein völlig ruhiges Licht, zu andern Zeiten aber sind sie lebhaft zitternd, sie scheinen sich in geringem Mafse hin und her zu bewegen, in einem Augenblicke heller aufzuglänzen, als im andern. Das letztere ist das Funkeln oder Blinkern der Sterne. Dieses Funkeln entsteht durch eine Ungleichartigkeit der Luft- und Dunst-Schichten, durch welche der Lichtstrahl zu unserm Auge gelangt, und durch die Aenderung der Lage der ungleichartigen Theilchen. Wenn wir über ein nicht rauchendes Kohlenfeuer oder auch nur über eine erhitzte Fläche hin sehen, so scheinen uns die jenseits liegenden Gegenstände in einer zitternden Bewegung zu seyn, die von dem Aufsteigen der erhitzten Luft durch die kälteren Luftschichten hervorgebracht wird. Es gelangen nämlich die Lichtstrahlen, indem sie bald auf wärmere, bald auf kältere Theilchen, oder im Allgemeinen auf Theilchen von ungleicher Dichtigkeit treffen, nicht immer in derselben Richtung zum Auge, sondern erleiden bald

---

1 Priestley's Geschichte der Elektricität übersetzt durch Krünitz. an mehreren Stellen. Cavallo's vollständige Abhandlung u. s. w. ter Band. 3ter Theil. 6stes Cap. Vom el. Lichte. S. 191. Singer's Elemente der Elektricität übersetzt von Müller. 4tes Cap. 49. Elektrische Lichterscheinungen. Runkland's System der allgemeinen Chemie 1818. S. 91—95.

Digitized by Google

nach der einen, bald nach der andern Seite eine kleine Brechung, und dieser Wechsel bringt das Zittern der Gegenstände hervor. Aus diesem Grunde sieht man an heifsen Tagen die Oberflächen der nicht allzu entfernten Gegenstände, in denen man kleinere Theile noch deutlich unterscheidet, zitternd, zuweilen in Wellen ähnlicher Bewegung [1]. Dafs eben dieser Grund das Funkeln der Sterne hervorbringt, ist wohl offenbar, und es läfst sich nun auch einsehen, warum die Fixsterne stärker funkeln als die Planeten. Die Fixsterne erscheinen uns unter einem so geringen Durchmesser, dafs wir sie fast als einem Puncte gleich erscheinend angeben können, und wenn diese auch nur um etwas Geringes, z. B. 5 Secunden von ihrem Platze verrückt werden, so erscheint uns dieses als wirkliche Fortrückung; die Planeten dagegen, die 30 oder 40 Sec. scheinbaren Durchmesser haben, könnten uns allenfalls unter einem an der einen Seite vergröfserten Durchmesser erscheinen, wenn der von der einen Seite ausgehende Strahl mehr seitwärts gelenkt wird, und dieses werden wir nicht so leicht gewahr. Sieht man die Planeten durch ein Fernrohr an, so zittern ihre Ränder, besonders wenn sie nahe am Horizonte stehen. Selbst der Rand der Sonne erscheint, wenn man ihn so beobachtet, oft in zitternder Bewegung [2]. Das Erscheinen verschiedener Farben, welches besonders am *Sirius* zuweilen merklich ist, mufs doch auch wohl ohne Zweifel aus eben den Ursachen erklärt werden, obgleich ich gestehe, nicht entscheiden zu können, ob man es der ungleichen Brechbarkeit der Farbenstrahlen allein zuschreiben darf.

Mit diesem Funkeln der Sterne verwandt sind einige länger dauernde Verrückungen der Sterne von ihrem Standpuncte. Carlini bemerkt [3], dafs sich in dem stark vergröfsernden Reichenbach'schen Mittagsfernrohre beim Durchgange des Polarsterns zuweilen die sonderbare Erscheinung zeigte, dafs dieser

---

1 Brandes Beobachtungen über die Strahlenbrechung. Oldenburg 1807. S. 110.

2 Als diese richtige Erklärung angebend verdienen Vitellio (Risneri opticae thesaurus. p. 449) und Hook (Micrographia. p. 231. erwähnt zu werden. Musschenbroek (Introd. ad philos. nat. Vol. II. §. 1741.) und Mitchell (Priestley Geschichte der Optik. S. 372.) geben Erklärungen, die ungenügend scheinen.

3 De Zach Corresp. astron. II. 84.

am Faden vorbeigeht, 10 bis 20 Sec. fortrückt, dann zurückkehrt, den Faden noch einmal rückgängig und dann abermals rechtläufig passirt. Zuweilen trennte der Stern sich in zwei Hälften, oder es zeigte sich ein doppeltes Bild des Sterns. Diese Erscheinung muſs eben so erklärt werden. Gesetzt, es steige, statt der schnell wechselnden warmen Luftströme, aus welchen das Funkeln hervorgeht, ein gleichförmiger warmer Luftstrom auf, der eine Seitenrefraction von 20 Sec. hervorbringt, so wird der Stern anhaltend um 20 Sec. von seinem wahren Orte weggerückt seyn, und erst an seinen rechten Platz zurückkehren, wenn jener Lichtstrom nicht mehr da ist. Wäre dieser Lichtstrom so beschränkt, daſs neben ihm vorbei noch ein zweiter Lichtstrahl in gerader Linie ins Auge käme, so sähe man den Stern doppelt, genau so wie bei der Luftspiegelung (Mirage). Ich selbst habe eine ähnliche dauernde Verrückung wahrgenommen, wenn ich bei starker Hitze mikrometrische Messungen der Sonnenflecke vornahm; die im Heliometer entstehenden doppelten Bilder waren zuweilen mehrere Secunden lang in Berührung, und trennten sich dann wieder; — offenbar auch nur, weil der die eine Hälfte des Objectivs treffende Lichtstrahl durch eine anders brechende Luftmasse ging[1].

Dieses Funkeln der Sterne ist ungleich bei verschiedener Witterung. Ein ganz ruhiges, gleichförmiges Licht der Sterne bei heiterem Himmel scheint zuweilen Vorbedeutung von Regen und Sturm zu seyn[2]. Das sehr lebhafte Funkeln der Sterne bei heiterem Frostwetter kann vielleicht zum Theil durch die alsdann oft in der Luft zahlreich herabfallenden höchst feinen Eisblättchen veranlaſst werden[3]. In der heiſsen Zone scheinen die Sterne zuweilen nicht bloſs zu zittern, sondern hin und her zu fliegen, wie v. Humboldt erzählt[4]. *B.*

Fuſs, S. Maſs.

---

1 Bode's Jahrb. 1824. S. 166.

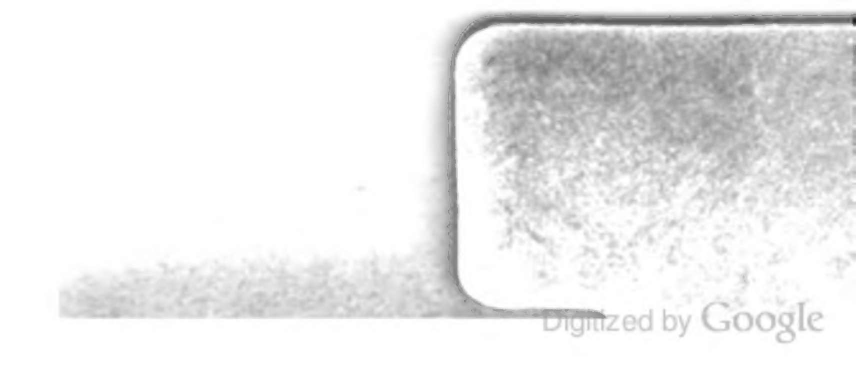
2 Kastner's Archiv X. S. 256.

3 Vgl. Konigl. Vetensk. Selsk. nya Handlingar. XXIV.

4 G. VI. 190.

Digitized by Google

Digitized by Google


Digitized by Google

Digitized by Google